



**TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ COVID-19 PANDEMİSİ
ÖNCESİNDE VE PANDEMİ SONRASINDA ETKİNLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Medine DURAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Medine DURAN

16/07/2024

TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ COVID-19 PANDEMİSİ ÖNCESİNDE VE PANDEMİ SONRASINDA ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Medine DURAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2024

ÖZET

Havayolu taşımacılığı küreselleşme, sanayileşme ve artan insan ihtiyaçlarıyla birlikte ekonomik ve sosyal sektörlerin vazgeçilmez bir unsurudur. 2020 yılında Dünya çapında yayılan COVID-19 pandemisi, toplumların sağlığını derinlemesine etkilediği gibi tüm ekonomik sektörleri ve endüstrileri de etkilemiştir. Pandemiden şüphesiz en çok etkilenen sektörlerden biri havacılık sektörü olmuştur. Bu nedenle işbu çalışma, Türkiye’de faaliyet gösteren 57 havalimanından verilerine ulaşılabilen 48 havalimanının 2019-2023 yılları arasındaki 5 yıllık etkinliklerini Veri Zarflama Analizi (VZA) ile analiz etmek ve COVID-19 pandemisinin havalimanlarına etkisini Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) endeksiyle değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Karar verme birimleri arasındaki homojenliği ve dengeyi sağlayabilmek için havalimanları yolcu trafik verisine göre, büyük, orta ve küçük ölçekli olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Yolcu terminal alanı büyüklüğü, bagaj konveyör sayısı, personel sayısı ve işletme gideri girdi değişkenleri olarak; yolcu trafiği, uçak trafiği ve işletme gelirleri çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda büyük ölçekli havalimanlarının pandemiden en çok etkilenen grup olduğu, havalimanı ölçek büyüklüğü azaldıkça pandemi dönemindeki TFV endeksindeki değişimin de azaldığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 90602

Anahtar Kelimeler : Havalimanı, Veri zarflama analizi, Covid-19, Malmquist TFV

Sayfa Adedi : 109

Danışman : Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

EVALUATION OF EFFICIENCY OF AIRPORTS IN TURKEY BEFORE AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC

(M. Sc. Thesis)

Medine DURAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2024

ABSTRACT

Air transportation is an indispensable element of the economic and social sectors, along with globalization, industrialization, and increasing human needs. The COVID-19 pandemic, which spread worldwide in 2020, deeply affected the health of societies as well as all economic sectors and industries. Undoubtedly, one of the sectors most affected by the pandemic was the aviation sector. Therefore, this study was prepared to analyze the activities of 48 airports of 57 operating in Turkey, for which data is available, between the years 2019-2023 using Data Envelopment Analysis (DEA) and to evaluate the impact of the COVID-19 pandemic on airports using the Malmquist Total Factor Productivity (TFP) index. To ensure homogeneity and balance among decision-making units, airports are divided into three groups based on passenger traffic: large, medium, and small scale. Passenger terminal area size, number of baggage conveyors, number of personnel, and operating expenses are used as input variables; passenger traffic, aircraft traffic, and operating revenues are used as output variables. As a result of the analysis, it is observed that large-scale airports were the most affected group by the pandemic, and as the airport scale decreases, the change in the TFP index during the pandemic period also decreases.

Science Code : 90602

Key Words : Airport, Data Envelopment Analysis, COVID-19, Malmquist TFP

Page Number : 109

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli danışman hocam Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU'na, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım aileme, her zaman yanımda olan ve beni cesaretlendiren sevgili eşim Savaş DURAN'a, varlığıyla hayatıma değer katan biricik oğlum Eren DURAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
2.1. Temel Kavramlar	3
2.1.1. Performans	3
2.1.2. Verimlilik	3
2.1.3. Etkinlik.....	4
2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri.....	6
2.2.1. Oran analizleri.....	7
2.2.2. Parametrik yöntemler	7
2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler	7
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	9
3.1. VZA'nın Tanımı ve Özellikleri.....	9
3.2. VZA'nın Uygulama Adımları	11
3.2.1. Karar verme birimlerinin seçimi	11
3.2.2. Girdi ve çıktıların belirlenmesi	11
3.2.3. Modelin kurulması ve etkinlik ölçümü	12

3.2.4. Etkinlik değerlerinin ve referans kümelerin belirlenmesi.....	13
3.3. VZA'nın Matematiksel Gösterimi	13
3.4. VZA Modelleri.....	15
3.4.1.CCR modeli.....	15
3.4.2 BCC modeli.....	17
3.5. Malmquist Endeksi.....	19
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	21
5. TÜRKİYE'DE HAVALİMANI İŞLETMECİLİĞİ	29
5.1. Devlet Hava Meydanları İşletmesi.....	31
5.2. Havayolu Trafığı	31
5.2.1. Uçak trafiği.....	31
5.2.2. Yolcu trafiği	32
5.3. Mali Durum	33
5.3.1. Hizmet satışı ve gelirler	33
5.3.2. Gider ve maliyetler.....	34
6. TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜMÜ.....	37
6.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	37
6.2. Karar Verme Birimlerinin Seçimi	38
6.3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	39
6.4. Modelin Kurulması ve Etkinlik Ölçümlerinin Yapılması	40
6.5. Büyük Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular.....	41
6.5.1. Etkinlik sonuçları	41
6.5.2. Referans grupların belirlenmesi	45

Sayfa

6.5.3. Malmquist endeksi sonuçları	48
6.6. Orta Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular	54
6.6.1. Etkinlik sonuçları	54
6.6.2. Referans grupların belirlenmesi	58
6.6.3. Malmquist endeksi sonuçları	60
6.7. Küçük Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular.....	67
6.7.1. Etkinlik sonuçları	67
6.7.2. Referans grupların belirlenmesi	72
6.7.3. Malmquist endeksi sonuçları	74
7. SONUÇ.....	83
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	93
EK-1. Analizde kullanılan veriler	94
EK-2. Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları	104
ÖZGEÇMİŞ	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Girdiye yönelik CCR modelleri.....	16
Çizelge 3.2. Çıktıya yönelik CCR modelleri	17
Çizelge 3.3. Girdiye yönelik BCC modelleri.....	18
Çizelge 3.4. Çıktıya yönelik BCC modelleri	18
Çizelge 5.1. Üyesi olduğumuz uluslararası kuruluşlar	30
Çizelge 5.2. DHMİ 2021-2022 gelirleri.....	34
Çizelge 6.1. Uygulamada kullanılan karar verme birimleri.....	38
Çizelge 6.2. Girdi ve çıktı değişkenleri	40
Çizelge 6.3. Değişkenler arası korelasyon katsayıları	40
Çizelge 6.4. Büyük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları	41
Çizelge 6.5. Büyük ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları.....	43
Çizelge 6.6. Büyük ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları	44
Çizelge 6.7. Büyük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları	45
Çizelge 6.8. Büyük ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri	47
Çizelge 6.9. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi	48
Çizelge 6.10. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi	49
Çizelge 6.11. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi	51
Çizelge 6.12. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi	53
Çizelge 6.13. Orta ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları.....	54
Çizelge 6.14. Orta ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları.....	56
Çizelge 6.15. Orta ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları.....	57
Çizelge 6.16. Orta ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları.....	59
Çizelge 6.17. Orta ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri.....	60

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.18. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi	61
Çizelge 6.19. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi	62
Çizelge 6.20. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi	64
Çizelge 6.21. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi	65
Çizelge 6.22. Küçük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları	67
Çizelge 6.23. Küçük ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları	69
Çizelge 6.24. Küçük ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları	70
Çizelge 6.25. Küçük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları	72
Çizelge 6.26. Küçük ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri	74
Çizelge 6.27. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi	75
Çizelge 6.28. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi	77
Çizelge 6.29. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi	79
Çizelge 6.30. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi	80
Çizelge 7.1. Havalimanlarının ortalama TFV değişimi	85

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ölçeğe göre sabit ve değişken getiri.....	5
Şekil 5.1. 2014-2022 yılları uçak trafiği	32
Şekil 5.2. 2015-2022 yılları yolcu sayısı	33
Şekil 5.3. DHMİ 2022 yılı gider dağılımı.....	35



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m²

Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

BCC

Banker Charnes Cooper

CCR

Charnes Cooper Rhodes

DEAP

Data Envelopment Analysis Program

DHMI

Devlet Hava Meydanları İşletmesi

ECAC

European Civil Aviation Conference

EUROCONTROL

European Org for the Safety of Air Navigation

IATA

International Air Transport Association

ICAO

Avrupa Kuzey Atlantik Böl. Havacılık Emniyet Grubu

JAA-TO

Joint Aviation Authorities - Training Organization

KİT

Kamu İktisadi Teşebbüsü

KVB

Karar Verme Birimi

SHGM

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

TD

Teknolojik Değişim

TED

Teknik Etkinlik Değişimi

TFV

Toplam Faktör Verimliliği

VZA

Veri Zarflama Analizi

1. GİRİŞ

Günümüzde havayolu taşımacılığı modernleşen dünyanın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Diğer taşıma modlarına göre çok daha hızlı olması sebebiyle kıtalar arası mesafeleri kısaltarak ekonomik büyümenin ve iş birliğinin anahtarı konumundadır. Acil ve kritik malzemelerin hızlı bir şekilde taşınması, insanların farklı ülkelere ziyaret ederek turizmin canlandırılması, ekonomiye doğrudan veya dolaylı birçok katkı sunması nedeniyle havayolu taşımacılığı; havayolu şirketleri, havaalanları, uçak üreticileri ve lojistik şirketleri gibi birçok sektörü etkileyen geniş bir ekosistemi destekler.

2020 yılında COVID-19 pandemisi, toplumların sağlığını derinlemesine etkilediği gibi tüm ekonomik sektörleri ve endüstrileri de etkilemiştir. Pandemiden şüphesiz en çok etkilenen sektörlerden biri havacılık endüstrisi olmuştur. Birçok havayolu şirketi, ülkelerin getirdiği uluslararası uçuş yasakları ve sınırların kapanması nedeniyle binlerce uçağı yerde tutmak zorunda kalmıştır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği'nin (IATA) 2020 yılı yıllık raporunda, COVID-19 salgınının, 11 Eylül terör saldırıları ve 2007-08 küresel mali krizine göre daha fazla olumsuz etki yarattığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, 2020 yılının yolcu gelirlerinde bir önceki yıla göre %66'lık bir düşüş gerçekleşmiş ve havayolları 118,5 milyar dolar net zarar açıklamıştır. 2019 yılında 38,9 milyon olan uçuş sayısı ise, 2020 yılında 16,4 milyona kadar düşmüştür (IATA, 2020).

2022 yılı itibarıyla pandeminin etkilerinin hafiflemesiyle birlikte havayolu sektörü de toparlanma sürecine girmiştir. Türkiye de bu dönemde havayolu taşımacılığında hızlı bir iyileşme gösteren ülkelerden birisi olmuştur. Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı'na (EUROCONTROL) göre, 2019 yılına kıyasla günlük uçuş sayısının 2023 yılında en çok arttığı ülke (+220 uçuş ile) Türkiye'dir. Diğer taraftan İstanbul Havalimanı 2023 yılında ortalama günlük 1376 uçuş sayısı ile Avrupa'daki en yoğun havalimanı olmuştur (EUROCONTROL, 2023).

Küreselleşmenin ve salgın hastalıkların, teknolojiye meydana gelen gelişmelerin beraberinde getirdiği yoğun rekabet ortamı her alanda olduğu gibi havalimanlarının da etkinliğinin artırılmasını elzem kılmaktadır. Yöneticilerin temel amacı her zaman sınırlı kaynakları en etkin şekilde kullanarak maksimum faydayı elde etmektir. Bu çerçevede bu

Çalışma, Türkiye’deki havalimanlarının etkinliklerini değerlendirmek ve yöneticilerin kaynakların etkin kullanımına ilişkin amacına hizmet etmek amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kapsamda Türkiye’deki sivil hava trafiğine açık 57 havalimanından verilerine ulaşılabilen 48 tanesinin 2019-2023 yılları arasındaki 5 yıllık dönemde etkinliklerini Veri Zarflama Analizi (VZA) ile analiz etmek ve COVID-19 pandemisinin havalimanlarına etkisini Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) endeksiyle değerlendirmek amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Çalışmanın uygulama aşaması beşinci bölümde gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki havalimanlarından verisine ulaşılabilen 48 havalimanının 2019-2023 yılları arasındaki etkinliklerinin değerlendirilmesi VZA ile yapılmıştır. Yıllık yolcu sayılarına göre havalimanları büyük, orta ve küçük şeklinde e ayrılarak analiz üç farklı grup için yapılmıştır. Her yıl için havalimanları gruplarına göre ayrı VZA modeli kurulmuştur. Çalışmada girdi değişkenleri olarak, yolcu terminal alanı büyüklüğü, bagaj konveyör sayısı, personel sayısı ve işletme gideri kullanılmıştır. ıktı değişkenleri ise, yolcu trafiği, uçak trafiği ve işletme geliri olmuştur. VZA Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) ve Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modellerine göre yapılan etkinlik analiz sonuçlarında yıllar itibarıyla etkin olan ve olmayan havalimanları tespit edilmiştir. Etkin olmayan havalimanları için referans kümeler verilip, potansiyel iyileştirme alanları hesaplanmıştır. Daha sonra pandemi öncesi ve sonrasında havalimanlarındaki TFV değişimini gözlemlemek için Malmquist endeksi analize dâhil edilmiştir. Çalışma boyunca 2019 yılı pandemi öncesi dönemi, 2020 yılı pandemi dönemi, 2021 yılı ve sonrası ise pandemi sonrası dönemi ifade etmektedir. Her ne kadar salgının bitişine yönelik net bir tarih olmasa da havayollarının 2021 yılında yeniden aktif bir şekilde ulaşıma açılması sebebiyle bu çalışmada 2021 yılı sonrası pandemi sonrası dönem olarak ele alınmıştır.

Son bölümde, çalışmanın genel sonucuna ve önerilere yer verilerek tez bölümleri tamamlanmıştır. Yapılan alışma ile birlikte COVID-19 pandemi sürecinde Türkiye’deki havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesine yönelik literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Temel Kavramlar

2.1.1. Performans

Türk Dil Kurumu tarafından performans, herhangi bir eseri, oyunu, işi vb.ni ortaya koyarken gösterilen başarı; başarımlar olarak tanımlanmaktadır.

Performans, belirli bir amaca hizmet eden ve önceden planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni nicel ya da nitel olarak açıklayan bir kavramdır. İşletme seviyesinde de benzer bir anlamla performans, işletme amaçlarına yönelik görevlerin yerine getirilme derecesini ifade eder. Bir işletmenin performansı, belirli bir zaman sonucunda elde ettiği çıktılardır (Akai, 2000: 1).

Bir kurumun tükettiği kaynakları, ürettiği mal veya hizmetlerin amaçlanan hedefe ulaşım ulaşmadığı, elde edilen sonuçlara ulaşılırken, kaynakların verimli ve etkin kullanılıp kullanılmadığının değerlendirilmesinde performans ölçümü büyük önem taşımaktadır (Koçak ve Çilingirtürk, 2011).

İşletmelerde performans değerlendirmesi, karar vericilerin doğru kararlar almasını, başarı oranının artırılmasını ve kurulu hedeflerin gerçekleştirilmesini sağlamak için kritiktir. Geçmiş çalışmaların değerlendirilmesi, eksiklerin belirlenip giderilmesi, performansı etkileyen faktörlerin kontrol edilmesi ve kaynakların bu faktörlere göre düzenlenmesi bu açıdan önemlidir.

2.1.2. Verimlilik

Verimlilik, en genel ifadeyle bir üretim veya hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile, bu çıktıyı yaratmak için kullanılan girdi arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır (Prokopenko, 1987: 3).

Bu yaklaşım doğrultusunda bu ilişki aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Verimlilik=Çıktı/Girdi

Verimlilik, hem işletmeler açısından hem de ülke ekonomisi açısından son derece önemli bir kavramdır. İşletme için verimlilik artışı, her birim çıktının elde edilmesinde kıt kaynakların ne derece etkin kullanıldığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanında uzun dönemde işletmenin kârlılığının artması, rekabet etme ve kendi kendine yetme gücünü arttıran bir faktördür. Ülke ekonomisi bakımından ise verimlilik, ekonomik büyüme ve ilerlemenin en önemli göstergesidir (Tezcan, 2010).

Golany ve Yu (1997), verimlilikteki iyileşmeleri beş temel şekilde ele almaktadır. Bu yaklaşımlar aşağıda yer almaktadır:

- Aynı çıktıları daha az girdi ile üretmek,
- Kaynak kullanım düzeyini değiştirmeden daha fazla çıktı elde etmek,
- Girdilerdeki artış miktarına göre çıktılarda daha büyük oranda artış,
- Girdideki azalış miktarına göre çıktılarda daha küçük bir azalış.

2.1.3. Etkinlik

Etkinlik kelimesi, günümüzde, iktisat ve işletme literatürünün dışında, birçok alanda (kültürel etkinlik, sanatsal etkinlik vb.) kullanılmakla birlikte iktisadi anlamda minimum çaba veya masraf ile maksimum sonuçlar elde etme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Kök ve Deliktaş, 2003). Teknik anlamda ise etkinlik “fili çıktı/maksimum çıktı” oranı olarak yorumlanabilir.

İşletmedeki faaliyetlerin etkinliği, genel olarak toplam çabanın bir sonucu olarak değerlendirilir. Çalışan ve yöneticilerin davranışlarından dış çevre ile olan ilişkilere kadar gösterilen tüm çabalar, etkinlik düzeyini belirlemede kritik bir rol oynar.

Etkinlik ölçümü, bir işletmenin mevcut rekabet ortamında konumunu belirlemesine yardımcı olurken, mevcut girdileri ne kadar etkili bir şekilde çıktıya dönüştürebileceğini gösterir. Bir işletmenin elindeki girdi bileşimini en iyi şekilde kullanarak mümkün olan en yüksek çıktıyı üretebilme başarısı "teknik etkinlik" olarak adlandırılırken, uygun ölçekte üretim yapabilme başarısı "ölçek etkinliği" olarak tanımlanmaktadır. (Yolalan, 1993: 6).

Teknik etkinlik

Teknik etkinlik kavramı söz konusu olduğunda, veri girdi seti ile mümkün olan maksimum hasılanın üretilmesindeki başarı akla gelmektedir (Kök ve Deliktaş, 2003). Bu tanım, çıktıya yönelik teknik etkinliği ifade ederken, girdiye yönelik teknik etkinlik ise, mevcut çıktı seviyesini mümkün olan en az girdi ile elde etme başarısı olarak tanımlanmaktadır. Girdi veya çıktıya yönelik etkinlik durumu tamamen işletmenin amaçlarına, hedeflerine ve dış etkenlerin yarattığı sınırlara bağlıdır.

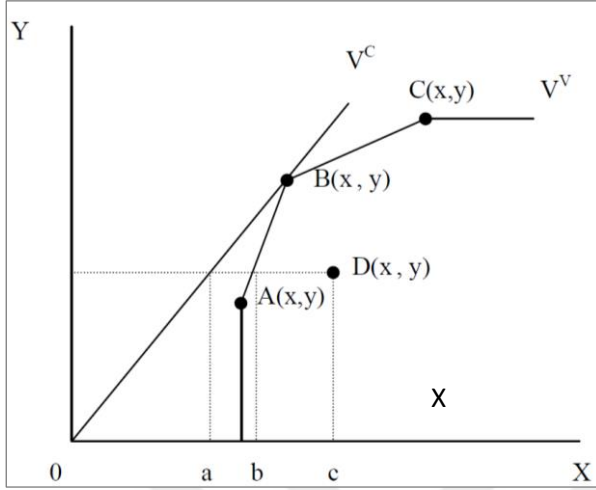
Teknik etkinlik derecesi, girdi ve çıktıların fiyatları ve maliyetleri dikkate alınmaksızın, belirli bir çıktı miktarının veri teknolojisi seviyesinde ne kadar etkin bir şekilde üretildiğini belirler. Yani, teknik etkinlik değeri, sadece üretimde ne kadar verimli olduğunu ölçerken, maliyet faktörlerini göz ardı eder. Bu, bir firmanın mevcut teknoloji düzeyinde, belirli bir çıktı düzeyini en etkin şekilde üretilip üretilmediğini değerlendirir (Aktaş, 2001).

Ölçek etkinliği

Karar verme birimlerinde ortaya çıkacak etkinsizlik kaynaklarının belirlenmesi yönetim açısından büyük önem taşımaktadır. Etkinsizlik, bir kuruluşun kendi etkin olmayan faaliyetlerinden veya birimin dezavantaj oluşturan koşullarından kaynaklanabilir. Bu nedenle, kuruluş için en uygun ölçek büyüklüğünün belirlenmesi ve bu büyüklüğün etkinlik üzerindeki etkisinin ölçülmesi stratejik kararlar almak için önemli bir adımdır (Mirzapour, 2014).

Genel bir ifadeyle, ölçek etkinliği, işletmenin faaliyetlerini en verimli ölçek düzeyinde yürütmesi olarak tanımlanmaktadır. Ölçek etkinliği kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için ölçeğe göre getiri kavramının da açıklanması gerekmektedir. Bu kavram, ölçekte yaşanan değişimlerin girdi ve çıktıları ne şekilde etkilediğini belirlemeye yarar. Bir üretim sürecinde, girdiler aynı oranda artırılırken çıktı seviyesindeki artış; girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri, girdilerdeki artış oranından daha az ise ölçeğe göre azalan getiri durumunun söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Çıktı miktarı girdilerde yaşanan artış ile aynı oranda artıyorsa bu durumda ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur (Aktaş, 2001).

X girdi miktarını y ise çıktı miktarını göstermek üzere, Şekil 2.1 üzerinden bu kavramları açıklayalım:



Şekil 2.1. Ölçeğe göre sabit ve değişken getiri

Tek girdi ve tek çıktı için, V^C doğrusu ölçeğe göre sabit getiri, V^V doğrusu ise ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre iki ayrı üretim sınırını göstermektedir (Aktaş, 2001). Ölçek etkinliği V^C doğrusu ile V^V eğrisi arasındaki uzaklık tarafından belirlenmektedir. B noktasındaki bir işletme her iki etkin üretim sınırı üzerinde bulunduğu için optimal üretim ölçeğinde faaliyet göstermektedir. A noktasında faaliyet gösteren işletme ise V^V etkin üretim sınırının, ölçeğe göre artan getiri bölümünde yer aldığı için optimal ölçeğine göre daha küçük ölçekle üretim yapmaktadır. Bu nedenle, üretimini her iki etkin üretim sınırının üzerinde bulunan B noktasına gelineye kadar artırmalıdır. C noktasında bulunan işletme V^V etkin üretim sınırının, ölçeğe göre azalan getiri bölümünde yer aldığı için optimal üretim ölçeğine göre daha büyük ölçekle üretim yapmaktadır ve bu nedenle üretimini azaltmalıdır. D noktasında faaliyet gösteren bir işletme ise hem ölçek etkinliğine, hem de saf teknik etkinliğe sahip değildir.

2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Etkinlik ölçümü; işletmelerin yoğun rekabet ortamında mevcut konumunu değerlendirme, yürütülen faaliyetlerin amaç ve hedeflere ulaşma sürecini izleme, organizasyon içerisindeki zayıf ve gelişmeye açık alanları belirleme, kısıtlı kaynakların verimli bir şekilde kullanımını sağlama ve geleceğe yönelik planlar ve stratejilerde karar vericiye rehberlik etme gibi

hususlarda kritik bir rol oynamaktadır. Etkinlik ölçümü üzerine ilk çalışmaların Farrell(1957) tarafından yapılmış olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonraki süreçte etkinlik ölçümü teknik açıdan ileri seviyelerde yürütülmüştür.

Etkinlik ölçümüne ilişkin literatürde kullanılan yöntemleri üç temel başlık altında inceleyebiliriz.

2.2.1. Oran analizleri

İşletme performanslarını değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden en yaygın ve basit olanı oran analizleridir. Tek girdi ve tek çıktı verisinin olduğu durumlarda kullanılabilen oran analizleri, oldukça kolay bir yöntem olması ve fazla veriye ihtiyaç duyulmaması sebebiyle tercih edilmektedir. Cari oran, stok devir hızı, karlılık marjları vb. Finansal göstergelerde, işletmeler finansal durumlarını analiz etmek için oran analizleri yöntemini kullanmaktadır.

2.2.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemlerde değerlendirmesi yapılacak faaliyet alanının üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu kabul edilerek fonksiyonun parametreleri belirlenir. Çoğunlukla tek çıktı ve birden çok girdiyi üretim fonksiyonuyla ilişkilendiren regresyon teknikleri kullanılır. Ancak birçok girdi ile birçok çıktının ilişkilendirildiği parametrik yöntemler de mevcuttur (Yolalan, 1993: 5).

2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik yöntemlerin eksik kaldığı durumlara alternatif olarak geliştirilen bu yöntemler, birden çok girdi ve birden çok çıktının analize dahil edilebileceği esnekliğe sahiptir. Ayrıca, bu yöntemler üretim fonksiyonunun arkasındaki herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler.

Parametrik olmayan etkinlik ölçütleri; girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Girdiye yönelik olanlar, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini incelerken çıktıya yönelik etkinlik

ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma getirilebilmesi amacıyla çıktılarını ne kadar artırabileceklerini analiz eder (Yolalan, 1993: 15).

Bu çalışmada parametrik olmayan yöntemlerden yaygın olarak kullanılan VZA yöntemi kullanılacaktır. Yönteme ilişkin detaylı açıklamalar bir sonraki bölümde verilecektir. Benzer özelliklere sahip kurum ve işletmelerin göreceli etkinlik ölçümünün yapılması ve diğer işletmelerle etkinliklerinin karşılaştırılabilmesi için son yıllarda en çok tercih edilen yöntemlerden biri olması sebebiyle çalışmada VZA tekniği uygulanmıştır.



3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

İşletmelerin belirli amaç ve hedefler doğrultusunda faaliyetlerini sürdürürken “ Biz şimdi neredeyiz, nasıl daha iyi olabiliriz ?” vb. sorulara yanıt verebilmeleri için düzenli periyotlarda performanslarını değerlendirmesi ve benzer işletmelerle karşılaştırma yaparak etkinlik analizlerini gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bir önceki bölümde belirtildiği gibi etkinlik ölçümüne yönelik literatürde kullanılan yöntemler, oran analizleri, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak üç grupta toplanmaktadır. Parametrik olmayan yöntemlerden çalışmada kullanılan VZA, bu bölümde daha detaylı olarak incelenecektir.

3.1. VZA’nın Tanımı ve Özellikleri

VZA, birden fazla farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Diğer bir ifadeyle, VZA homojen yapıdaki karar verme birimleri birbirleriyle kıyaslayarak göreceli olarak 0 ile 1 arasında etkinlik değerlerini hesaplayan bir tekniktir (Kasap, 2008).

VZA, belirli çoklu girdi ve çıktı değişkenlerine kullanarak her bir karar verme birimi için bir etkinlik skoru hesaplar. Etkinlik skorunun 1 olması karar verme biriminin etkin olduğunu, 1’den küçük olması ise karar verme biriminin etkin olmadığını göstermektedir.

VZA ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından, Farrell’in 1957’deki tek girdi/çıktı teknik etkinlik ölçümünü birden fazla girdi/çıktı göreceli etkinlik ölçümüne genişleterek, ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirine benzeyen karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş parametresiz etkinlik ölçüm yöntemidir. Başlarda, kâr amacı gütmeyen birimlerin karşılaştırmalı etkinliklerinin ölçülmesini hedefleyen bu yöntem, daha sonra kâr amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. VZA’nın getirmiş olduğu en büyük yenilik, birden fazla girdi kullanarak birden fazla çıktının elde edildiği işletmelerde, parametrik yöntemlerin aksine önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonuna ihtiyaç duymadan etkinlik ölçümü yapabilmesidir (Yolalan, 1993: 27) .

VZA ile son yıllarda, hastaneler, askeriye birimleri, üniversiteler, şehirler, mahkemeler, işletmeler ve diğer birçok organizasyonun performansını değerlendirilmiştir. Bunlar arasında ülkelerin ve bölgelerin performansını değerlendirmek de bulunmaktadır. Çok sayıda girdi ve çıktı arasındaki karmaşık ilişkiler nedeniyle diğer yaklaşımlara, yöntemlere direnç gösteren durumlarda VZA çok az varsayım gerektirdiği için sıklıkla kullanılmaktadır (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011).

VZA karar verme birimlerini girdi ve çıktı verilerini kullanarak etkin üretim sınırını belirler. Etkinlik sınırı doğrusal programlama teknikleriyle belirlenir ve bu sınır en etkin karar verme birimlerini temsil eder. Her karar verme biriminin etkinliği bu etkinlik sınırına göre belirlenir.

VZA'nın temel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- VZA çözüm tekniği olarak matematiksel programlamayı kullanmaktadır.
- Birden fazla girdi ve birden fazla çıktı kullanımına uygun bir yöntemdir.
- Farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktı değişkenleri VZA'da kullanılabilir (Oruç, 2008).
- Ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirine benzeyen işletmelerin göreceli etkinlik ölçümünde kullanılır.
- VZA'nın en avantajlı noktalarından biri, giriş ve çıkışlar için önceden tanımlanmış ağırlıklara ihtiyaç duymamasıdır. Bu ağırlıklar, doğrusal programlama modelinin çıktısı olarak üretilir.
- VZA, merkezi eğilimlere değil, sınırlara yönlendirilmiş bir metodolojidir. Bu bakış açısıyla diğer metodolojilerden gizli kalan ilişkileri ortaya çıkarmada yetenekli olmaktadır (Cooper ve diğerleri, 2011).
- Avantajlı özelliklerinin yanı sıra VZA ile hesaplanan etkinlik dereceleri girdi ve çıktı değişkenlerindeki hatalara karşı oldukça duyarlıdır. Herhangi bir karar verme birimine ait verilerin yanlış girilmesi etkin üretim sınırını bozabilir.
- VZA ile belirli gözlem kümesi için geliştirilen etkin üretim sınırına göre karar verme birimlerinin etkinlikleri ölçüldüğünden, iki farklı çalışmadan elde edilen etkinlik değerlerinin kıyaslanamaması VZA'nın temel eksikliğidir (Aktaş, 2001).

3.2. VZA'nın Uygulama Adımları

VZA ile etkinlik ölçümü yapabilmek için uygulanacak adımlar sırasıyla aşağıda verilmiştir. Gerçekçi ve doğru bir analiz için önemli olan noktalara ve uygulanması gereken aşamalara dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.2.1. Karar verme birimlerinin seçimi

Benzer amaç ve hedefler doğrultusunda, benzer çevre şartlarında faaliyet gösteren, aynı tür girdileri kullanarak aynı tür çıktıları üreten homojen yapıdaki birimlere karar verme birimi (KVB) adı verilir.

VZA'nın ilk aşaması etkinlik değerlendirmesi yapılacak olan KVB'lerin belirlenmesidir. Analiz sonucunun anlamlı ve doğru olabilmesi için karar verme birimlerinin homojen yapıda yani benzer üretim teknolojilerine sahip olması gerekmektedir (Yolalan, 1993: 65).

VZA ile etkinlik sonuçlarının daha gerçekçi yorumlanabilmesinde KVB'lerin sayısı da önem taşımaktadır. Bu çerçevede literatürde KVB sayısının ne olması gerektiğine yönelik çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Golany ve Roll'e (1989) göre KVB sayısı, girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısının toplamının en az iki katı olmalıdır. Bir başka görüşe göre ise KVB sayısı en az, girdi ve çıktı değişkenleri sayısının toplamının 1 fazlası olmalıdır (Boussofiane, Dyson ve Thanassoulis, 1991). Burada dikkat edilmesi gereken nokta, KVB sayısı ne kadar büyük olursa küme içerisindeki homojenliğin azalma eğilimi gösterebileceği ve homojenliği sağlamak için kümeleme analizi gibi çeşitli gruplandırma yöntemlerine ihtiyaç duyulabileceğidir.

3.2.2. Girdi ve çıktıların belirlenmesi

VZA'da en kritik noktalardan bir tanesi girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesidir. Analiz edilecek KVB'lerin performansı üzerinde etkisi olabilecek ve üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek tüm faktörler dikkate alınarak bu işlem yürütülmelidir. (Golany ve Roll, 1989). Girdi ve çıktı değişkenlerinin bazılarının ihmal edilmesi, KVB'nin etkinliğinin farklı analiz edilmesine neden olabilir. Bu nedenle sistemin hangi kaynakları kullanarak hangi çıktıları elde ettiği titizlikle incelenmelidir.

Girdi ve çıktı seçimine yönelik objektif kurallar olmamakla birlikte, uzman görüşü çerçevesinde bazı istatistikî analizler sonucunda aralarında çok yüksek korelasyon bulunan ve üretim sürecine doğrudan etkisi olmayan değişkenler tercih edilmemelidir (Yolalan, 1993: 66). Girdi ve çıktı sayısının artırılması ise beraberinde KVB sayısının da artırılmasını getirdiği için problemin karmaşık ve zor bir hale gelmesine neden olabilmektedir.

VZA’da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri belirlendikten sonra, her bir KVB için girdi ve çıktı verilerinin güvenilir kaynaklardan temin edilmesi gerekmektedir. Verisine ulaşılamayan ya da doğruluğu sorgulanan KVB’ler analizden çıkarılmalı veya yeni girdi-çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA’da analizi yapılacak kümedeki her bir KVB görelî etkinlik hesaplamasının sonucunu etkilediğinden, KVB’nin çıkarılma durumunda etkinlik skorları da değişeceği için, en başta girdi ve çıktı değişkenleri belirlenirken verisine ulaşılabilir değişkenlerin seçimi önem arz etmektedir (Depren, 2008).

3.2.3. Modelin kurulması ve etkinlik ölçümü

VZA’da etkinlik analizi yapılacak KVB’lerin belirlenmesi ve girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin verilerin toplanmasından sonra, VZA’da kullanılacak modele karar verilmesi gerekmektedir.

Seçilecek olan modelde dikkat edilmesi gereken ilk unsur, ölçeğe göre getiri durumunun netleştirilmesidir. Bir üretim sürecinde girdiler artarken çıktı seviyesinde de aynı oran da artış gerçekleşiyorsa ölçeğe göre sabit getirili, çıktılarda girdilerde yaşanan artış oranından daha fazla veya daha az oranda artış durumu varsa ölçeğe göre değişken getirili modeller kullanılır. Ölçeğe göre sabit getiriyle hesaplanan teknik etkinlik derecesi ile, ölçeğe göre değişken getiriliyle hesaplanan teknik etkinlik derecesinin oranlanması ile işletmenin uygun üretim ölçeğinde faaliyet gösterip göstermediği belirlenebilir. Ölçek etkinliği değerinin 1’e eşit olması optimal üretim ölçeğinde üretim yapıldığını ifade etmektedir (Aktaş, 2001). VZA’da kullanılan iki temel modelden BCC modeli ölçeğe göre değişken, CCR modeli ise ölçeğe göre sabit getiri varsayımlarını kullanmaktadır (Banker, Charnes ve Cooper, 1984).

Seçilecek modelde dikkat edilmesi gereken ikinci unsur ise, girdi ve çıktılara yönelik amacı belirleyerek modelin girdiye yönelik mi yoksa çıktıya yönelik mi olduğuna karar vermektedir. Belirli bir çıktı kümesini en etkin şekilde üretebilmek için en uygun girdi

kümesinin nasıl olması gerektiğini inceleyen modeller girdiye yönelik VZA modelleridir. Bundan farklı olarak amaç, belirli bir girdi kümesi ile en fazla ne kadar çıktı üretilebileceğini araştırmak olduğunda ise çıktıya yönelik VZA modelleri kullanılır (Yolalan, 1993: 28).

Modelin belirlenmesinden sonra, kurulan matematiksel modelin çözümü için paket programlar kullanılmaktadır. VZA doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olduğu için, doğrusal programlama çözümlerinde kullanılan LINDO, GAMS, QSB, STORM gibi programlar kullanılabildiği gibi, EMS, IDEAS, DEAP, ETAKS, Warwick-Windows-VZA, PIONEER gibi Windows temelli programlar da, raporlama ve sunum olanaklarının çeşitli olması ve pratik olması sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir (Depren, 2008).

3.2.4. Etkinlik değerlerinin ve referans kümelerin belirlenmesi

Matematiksel çözümün sonucunda KVB'lerin amaç fonksiyonu değeri yani etkinlik değeri 1 ile 0 arasında hesaplanır. 1'e eşit olan KVB'ler göreceli etkin birim olarak kabul edilirken, etkinlik değeri 1'den küçük olan KVB'ler etkinsiz birim olarak kabul edilmektedir. Etkin olmayan KVB'ler etkin üretim sınırına uzaklıkları ölçüsünde değer alırlar.

VZA'da KVB'lerin karşılaştırmasına etkin birimlerin varlığı temel oluşturmaktadır. Yöntem etkin olmayan KVB'lerin, etkin birimlerin uyguladığı yönetsel ve organizasyona dayalı yöntemleri kullanarak aynı etkinlik değerine ulaşabileceğini kabul etmektedir. VZA, etkin olmayan her bir KVB için, etkinlik sınırı üzerinde bulunan bir grup KVB'yi referans olarak belirler ve etkin olmayan KVB'ler kendilerini bu referans grubuna benzetmeye çalışmaktadır. VZA ile elde edilen en büyük faydalardan bir tanesi de etkin durumda olmayan KVB'lere performanslarını iyileştirebilmeleri için birtakım elde edilebilir hedefler sunmasıdır (Yavuz, 2001: 53).

3.3. VZA'nın Matematiksel Gösterimi

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından formülasyonu çalışılan VZA'nın modeli aşağıdaki gösterilmektedir. Formülasyon her KVB için ayrı ayrı hesaplama yaparak KVB sayısı kadar ağırlık kümesi elde etmektedir. m adet girdisi ve s adet çıktısı olan n adet KVB için maksimizasyonu sağlanacak çıktı/girdi oranının matematiksel gösterimi şu şekildedir.

$j=1,2,\dots,n$ KVB dizini,

$i=1,2,\dots,m$ girdi dizini,

$r=1,2,\dots,s$ çıktı dizini,

e_0 = KVB₀'nin göreceli etkinliği,

x_{i0} =KVB₀'nin i .girdisi ve x_{ij} = j .KVB'nin i .girdisi,

y_{r0} =KVB₀'nin r .çıktısı ve y_{rj} = j .KVB'nin r .çıktısı,

v_i = i .girdinin ağırlığı,

u_r = r .çıktının ağırlığını ifade etmektedir. Buna göre;

Toplam ağırlıklı girdi, $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$ ve

Toplam ağırlıklı çıktı, $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$ olmak üzere

Amaç fonksiyonu:

$$Max(e_0) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$0 \leq \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.2)$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s; i=1,2,\dots,m \quad (3.3)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Yukarıda yer alan model her bir KVB için çözülerek etkinlik hesaplaması yapılmaktadır.

3.4. VZA Modelleri

VZA geliştirildiği ilk yıllardan bu yana, üzerine çok fazla araştırma ve uygulama yapılmış ve tartışılmış bir tekniktir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiş olan model CCR modeli olarak adlandırılırken, Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiş olan model BCC modeli olarak bilinmektedir. Her iki model de daha önce bahsedildiği üzere girdi ve çıktı yönelimli olarak iki grupta incelenecektir.

3.4.1. CCR modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilen model ilk VZA modeli olarak bilinmektedir. Bu model ile ölçeğe göre sabit getiri varsayımında KVB'lerin toplam teknik etkinliklerini hesaplamaktadır. Bu yöntemde üretim ölçeğindeki değişimler, KVB verimliliğini etkilememektedir.

CCR modeli hem girdiye yönelik hem de çıktıya yönelik uygulanabilmektedir. Uygulamalarda bu seçimin, yapılacak değerlendirmenin amacına bağlı olarak yapılması gerekmektedir. Örneğin kamu sektöründe çoğunlukla tasarruf esaslı amaçlar belirlendiğinden, girdileri minimize etmek için girdi yönelimli modeller tercih edilmektedir. Çıktıları artırmaya yönelik bir amacın olduğu durumda ise çıktı yönelimli modeller tercih edilmektedir. Ancak ölçeğe göre sabit getiri varsayımında her ikisi de eşdeğer etkinlik sonuçları vermektedir (Yavuz, 2001: 32).

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen VZA modeli kesirli programlama formundadır. Kesirli programlamada, doğrusal programlama modellerinin çözümünde kullanılan Simplex Algoritması'na benzer standart bir yöntem olmadığı için, doğrusal programlama çözüm yöntemlerinin kullanılabilmesi için, kesirli programlama modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülmüştür. İlgili literatür taraması yapıldığında, VZA için verilen formülasyonların tamamının doğrusal programlama modelinde olduğu görülmektedir (Kasap, 2008).

Diğer taraftan, her doğrusal programlama modelinde olduğu gibi VZA'nın da dual modeli bulunmaktadır. Doğrusal programlama modelinin orijinal hali primal olarak

isimlendirilmişken, ikincili, eşdeğeri dual olarak isimlendirilmiştir. Aşağıda CCR modelinin girdiye yönelik formunun primal ve dual modelleri verilmiştir.

$j=1,2,\dots,n$ KVB dizini,

$i=1,2,\dots,m$ girdi dizini,

$r=1,2,\dots,s$ çıktı dizini,

e_k = KVB_k'nin göreceli etkinliği,

x_{ik} =KVB_k'nin i .girdisi ve x_{ij} = j .KVB'nin i .girdisi,

y_{rk} =KVB_k'nin r .çıktısı ve y_{rj} = j .KVB'nin r .çıktısı,

v_i = i .girdinin ağırlığı,

u_r = r .çıktının ağırlığını ifade etmek üzere,

Çizelge 3.1. Girdiye yönelik CCR modelleri

Primal Model	Dual Model
$Max(e_k) = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$	$Min \theta_k$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1$	$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m$
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$	$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \quad r=1,2,\dots,s$
$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s; \quad i=1,2,\dots,m$	$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$
	$\theta_k; \text{serbest}$

Yukarıda yer tabloda θ_k , girdiye yönelik modelde en iyi etkinlik sınırını elde edebilmek için dikkate alınan k . KVB'nin etkinlik değerini ifade etmektedir. λ_j ise girdiye yönelik modelde etkinliği ölçülen k . karar biriminin diğer KVB'lere göre aldığı ağırlık değerini ifade etmektedir.

Çıktıya yönelik CCR modelinin matematiksel gösterimi ise Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Çıktıya yönelik CCR modelleri

Primal Model	Dual Model
$Min(e_k) = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$ $v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s; \quad i=1,2,\dots,m$	$Max Z_k$ $Z_k y_{rk} - \sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} \leq 0 \quad r=1,2,\dots,s$ $\sum_{j=1}^n \mu_j x_{ij} \leq x_{ik} \quad i=1,2,\dots,m$ $\mu_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$ $Z_k; \text{serbest}$

Çıktıya yönelik modelde Z_k , en iyi etkinlik sınırını elde etmek için dikkate alınan KVB’nin etkinlik değerini, μ_j ise etkinliği ölçülen k. karar biriminin diğer KVB’lere göre aldığı ağırlık değerini ifade etmektedir.

3.4.2 BCC modeli

CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımında KVB’lerin toplam teknik etkinliklerini hesaplarken, Banker, Charnes ve Cooper tarafından (1984) geliştirilen BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımında KVB’lerin teknik etkinliklerini hesaplamaktadır.

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımında, üretim ölçeğindeki artış veya azalışların verimliliği etkilediği düşünülmektedir (Kasap, 2008). Tıpkı CCR modelinde olduğu gibi BCC modeli de girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak uygulanabilmektedir.

CCR ve BCC modelindeki temel fark BCC modelinde, KVB’lerin ağırlıklarının (λ_j) 1 eşit olmakla kısıtlanmış olmasıdır. Etkin üretim sınırı ise CCR modelinde orjinden geçen doğrusal bir yapıdayken, BCC modelinde konveks yapıdadır.

Çizelge 3.3. Girdiye yönelik BCC modelleri

Primal Model	Dual Model
$Max(e_k) = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - u_k$	$Min \theta_k$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$	$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m$
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_k \leq 0$	$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \quad r=1,2,\dots,s$
$j=1,2,\dots,n$	$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$
$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s; \quad i=1,2,\dots,m$	$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
u_k ; serbest	θ_k ; serbest

Çizelge 3.4. Çıktıya yönelik BCC modelleri

Primal Model	Dual Model
$Min(e_k) = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - v_k$	$Max Z_k$
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1$	$Z_k y_{rk} - \sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} \leq 0 \quad r=1,2,\dots,s$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - v_k \geq 0$	$\sum_{j=1}^n \mu_j x_{ij} \leq x_{ik} \quad i=1,2,\dots,m$
$j=1,2,\dots,n$	$\sum_{j=1}^n \mu_j = 1$
$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s; \quad i=1,2,\dots,m$	$\mu_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$
v_k ; serbest	Z_k ; serbest

Teknik etkinlik skorunun BCC modeli ile belirlenebilmesiyle ölçek etkinlik skorunu da hesaplamak mümkün hale gelmiştir. Eldeki girdi bileşiminin en uygun biçimde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktının üretilmesindeki başarı teknik etkinlik, ve uygun ölçekte üretim yapmadaki başarı da ölçek etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Toplam etkinlik skoru ise her iki etkinlik skorunun çarpımı olarak tanımlanır. Etkin üretim sınırının ölçeğe göre değişken getiri varsayımıyla oluşmasından dolayı BCC modeli ile hesaplanan teknik etkinlik skorları girdi ve çıktıya yönelik olarak farklı değerler alır. Halbuki CCR modelinde her iki durumda da hesaplanan toplam etkinlik skoru aynı değere sahiptir (Kaynar, Zontul ve Bircan, 2005).

3.5. Malmquist Endeksi

S. Malmquist tarafından 1953 yılında geliştirilen ve uzaklık fonksiyonlarına dayalı olarak ifade edilen Malmquist endeksi kavramı; çoklu girdi-çıktılı karar birimlerinin toplam faktör verimliliklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu endeks belli bir zaman aralığında karar birimlerindeki etkinlik/verimlilik değişimini incelemekte ve karşılaştırma sunabilmektedir (Alnıpak ve Apak, 2021). Her bir veri noktasının ortak teknolojiye göre nispi uzaklık oranlarını hesaplayarak, iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki (TFV) değişmeyi ölçer. Uzaklık fonksiyonu kâr maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu gibi herhangi bir davranışsal varsayımı gerektirmeksizin birden fazla çıktı ve girdinin söz konusu olduğu durumlarda üretim teknolojisini belirleyebilmektedir. Uzaklık fonksiyonları, hem girdi eksenli hem de çıktı eksenli uzaklık fonksiyonları olarak uygulanabilmektedir (Deliktaş, 2002).

Çıktı uzaklık fonksiyonunda üretim teknolojisi, çıktı kümesi $P(x)$ kullanılarak tanımlanmaktadır. Bu küme, x girdi vektörü kullanılarak üretilen y çıktı vektörleri kümesini ifade etmektedir.

$$P(x) = \{y: y'yi \text{ üretebilecek } x\} \quad (3.4)$$

Çıktı uzaklık fonksiyonu, $P(x)$ çıktı kümesine bağlı olarak tanımlanmaktadır.

$$d_0(x, y) = \min\{D: y/D \in P(x)\} \quad (3.5)$$

Uzaklık fonksiyonu $d_0(x, y)$ 'nin alabileceği değerler y vektörü $P(x)$ sınırı (üretim sınırı) üzerinde ise 1,0; y vektörü $P(x)$ içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1,0'dan büyük ve y vektörü $P(x)$ dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1'den küçüktür (Vural, 2019).

Uzaklık fonksiyonlarına dayalı olarak hesaplanan Malmquist (çıktı eksenli) toplam faktör verimliliği endeksi aşağıdaki gibidir. Bu endekste t baz yılı ve $t+1$ bir sonraki yılı ifade etmektedir (Deliktaş, 2002).

$$m_0(y^t, x^t, y^{t+1}, x^{t+1}) = \left[\frac{d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^t(y^t, x^t)} \times \frac{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklem, t ve t+1 dönemi endekslerinin geometrik ortalamasından oluşmaktadır. Birincisi t dönemi teknolojisini, ikincisi ise t+1 dönemi teknolojisini temsil etmektedir. Bu denklemde $d_0^t(y^t, x^t)$, t+1 dönemi gözleminden t dönemi teknolojiye olan uzaklığı temsil eder. Burada m_0 fonksiyonunun elde edilen değerinin 1'den büyük olması t döneminden t+1 dönemine geçişte TFV'de büyüme olduğunu, 1'den az olması ise aynı dönemler dikkate alındığında TFV'de azalma olduğunu göstermektedir.

Malmquist TFV endeksinin teknik etkinlikteki değişmeye ve teknolojik değişmeyle ifade edilmesi, her iki faktörün TFV'ye olan katkısını belirlememizde fayda sağlamaktadır.

$$\text{Etkinlikteki değişme} = \frac{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^t(y^t, x^t)} \quad (3.7)$$

$$\text{Teknolojik değişme} = \left[\frac{d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{d_0^t(y^t, x^t)}{d_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

Burada teknik etkinlikteki değişme (TED), üretim sınırını yakalama etkisi (catching-up effect) olarak ifade edilirken, teknolojik değişme (TD) sınır etkisi (üretim sınırları eğrisinin kayması) olarak ifade edilmektedir. Diğer taraftan, teknik etkinlikteki değişme ile teknolojik değişmenin çarpımı ile toplam faktör verimliliğindeki değişim hesaplanabilmektedir. (Deliktaş, 2002).

Malmquist endeksi, VZA modelinin bir uzantısıdır. DEA modeli, belirli bir zaman dilimindeki etkinliği ölçerken, Malmquist endeksi bu ölçümü zaman içinde genişleterek verimlilik değişimini analiz eder. Malmquist endeksi VZA'nın sonuçlarına dayalı olarak hesaplanır. Bu çalışmada havalimanlarının 5 yıl boyunca etkinliklerini değerlendirmek amacıyla VZA, havalimanlarının zaman içerisinde değişen etkinliklerine ilişkin yorum yapabilme amacıyla Malmquist endeksi kullanılmıştır.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelemesinde, havacılık sektöründe havalimanlarının etkinliklerinin değerlendirilmesinde, VZA'nın, yaygın bir biçimde kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ancak pandemi dönemi ve sonrası için VZA ile havalimanlarının etkinliklerinin değerlendirilmesine yönelik az sayıda çalışmaya rastlanmıştır.

Brezilya'da (Pereira ve Mello, 2021) yapılan bir çalışmada Brezilya'nın en büyük 3 havayolu şirketinin (Azul, Gol ve Latam) etkinlikleri incelenmiştir. Yöntem olarak ise VZA'nın birim sayısı kısıtlarını aşmak için çok kriterli VZA (Li ve Reeves, 1999) kullanılmıştır. Her 3 havayolu şirketinin 2019 ve 2020 yılları Ocak, Şubat ve Mart aylarındaki verileri dikkate alınarak 18 karar verme birimi için, kalkın uçak sayısı, kullanılabilir ton kilometre, yakıt tüketimi girdi değişkenlerini ve ton kilometre başına gelir çıktı değişkenlerini kullanarak etkinlik karşılaştırması yapılmıştır. Her üç şirket için de en düşük etkinlikler 2020 yılının Mart ayında gerçekleşmiştir.

İtalya'nın 34 bölgesel havalimanı üzerinde yapılan bir çalışmada 2006-2016 yılları arasındaki veriler kullanılarak bölgesel havalimanlarının etkinlikleri ve ekonomik sürdürülebilirliklerini etkileyen faktörleri incelemek adına VZA yöntemi kullanılmıştır (Carlucci, Cira, Coccorese, 2018). Her havalimanı için toplam teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Girdi değişkenleri olarak; işçi maliyetleri, yatırılan sermaye ve diğer giderler kullanılmıştır. Çıktı değişkenleri olarak ise; yolcu sayısı, kargo miktarı, uçuş sayısı, havacılık faaliyetlerinden elde edilen gelir, elleçleme faaliyetlerinden elde edilen gelir ve ticari faaliyetlerden elde edilen gelir kullanılmıştır. Buna göre ölçeğe göre sabit ve ölçeğe göre değişken etkinlik getiri varsayımlarında hesaplanan etkinlikler karşılaştırılmıştır. Sonraki adımda havalimanı büyüklüğünün, düşük bütçeli taşımanın ve kargo trafiğinin İtalyan havalimanlarının teknik ve ölçek verimliliği üzerinde önemli bir etkisinin olup olmadığını araştırmak amacıyla bir Tobit regresyon modeli uygulanmıştır. Analiz sonucunda bölgesel havalimanlarının ekonomik olarak sürdürülebilirliklerini devam ettirmeleri için kargo ve düşük bütçeli taşıma taleplerini iyileştirmeleri gerektiği anlaşılmıştır.

Çin’de rekabet ve havacılık politikalarının havalimanları üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, Çin’deki 25 havalimanı kapsama alınmıştır (Chi-Lok, Zhang, 2009). Bunun için ilk aşamada havalimanlarının 1996-2006 yılları arasındaki etkinlikleri VZA ile karşılaştırılmıştır. Pist uzunluğu ve terminal büyüklüğü girdi değişkenleri olarak kullanılırken; yolcu trafiği, kargo trafiği ve uçuş trafiği verileri çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda Beijing, Shanghai, Shenzhen ve Chongqing Havalimanları en verimli havalimanları olarak Kashi, Hailar, Hohhot, Lanzhou ve Harbin Havalimanları en az verimli havalimanları olarak sıralanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise havalimanı yerleştirme programının, rekabetin ve havalimanlarının halka açık olma durumunun etkisini incelemek amacıyla regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışma sonunda, halka arz durumda olan havalimanlarının diğerlerine göre daha etkin olduğu, rekabetin yoğun olmasının havalimanlarının etkinliklerini artırdığı, havalimanı yerleştirme programının havalimanlarının etkinlikleri ile pozitif bir ilişkisinin olduğu ve havayolu birleşmelerinin havalimanları üzerinde önemsiz bir etkiye sahip olduğu sonuçlarına varılmıştır.

2014 yılında Ahn ve Min tarafından, havalimanlarının operasyonel verimliliklerini ve rekabet güçlerini iyileştirmedeki ana etkenleri belirleyebilmek amacıyla uluslararası havalimanlarının karşılaştırmalı etkinlik analizi yapılmıştır. Bu kapsamda, VZA ve Malmquist Endeks metodu ile 23 büyük uluslararası havalimanının 2006 ve 2011 yılları arasındaki etkinlikleri incelenmiştir. VZA için terminal alanı, pist uzunluğu, yolcu alanı ve kargo alanı olmak üzere 4 girdi değişkeni ve yıllık uçuş sayısı, toplam yolcu sayısı ve toplam kargo miktarı olmak üzere 3 çıktı değişkeni belirlenmiştir. Hem CCR hem de BCC tabanlı etkinlikler hesaplanmıştır. Belirtilen yıllarda Beijing Capital Havalimanı en etkin havalimanı olarak gözlemlenmiştir. Daha sonra zaman içinde havalimanı verimliliğindeki değişimi değerlendirmek amacıyla Malmquist üretkenlik endeksi kullanılmıştır. Çalışmada, bir havalimanının verimliliğinin, yönetim uygulamalarındaki içsel faktörlerden ziyade, hükümet politikalarındaki değişimler ve teknolojik gelişmeler gibi dışsal faktörlerden etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Yunanistan’da son yıllarda yaşanan ekonomik kriz ile birlikte havalimanlarının özelleşmeye başladığı ve bu kapsamda 14 bölgesel havalimanının özelleştirildiğini vurgulayan bir çalışmada (Fragoudaki, Giokas, 2020), sivil havacılığa açık 38 Yunan havalimanının 2011 ve 2015 yıllarındaki etkinlik değerlendirmesi VZA ve Malmquist toplam faktör endeksi ile

yapılmıştır. VZA kapsamında pist uzunluğu, terminal alanı büyüklüğü ve işçilik maliyetleri verileri girdi değişkeni olarak belirlenmiştir. Toplam yolcu sayısı, uçak trafiği ve işletme gelirleri ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. VZA modellerinden, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çıktı odaklı CCR modeli kullanılmıştır. VZA sonucunda 2011 yılında 6 havalimanı tam etkin durumda iken 2015'te bu sayının 8'e çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum, Yunanistan'daki krize rağmen turizm kaynakları olarak havalimanlarının yolcu sayılarındaki yaklaşık %26 'lık artış ile açıklanmıştır. Böylece ekonomik krizin havalimanlarının etkinliklerini etkilemediği tespit edilmiştir. 2015 sonrasında özelleştirilen havalimanlarının ise en yüksek işletme gelirlerine sahip olduğu ve turizm hareketliliğinin yüksek olduğu adalar bölgesinde olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, Malmquist toplam faktör endeksi ile havalimanlarının verimliliklerindeki değişim incelenmiştir. 2011 yılına göre 2015 yılında havalimanlarının verimliliğinde %38,4 'lük bir artış olduğu ve toplam faktör endeksindeki artışın yüksek olduğu havalimanlarının daha sonrasında özelleştirildiği gözlemlenmiştir.

2020 yılında havalimanı etkinliklerinin makro çevresel etkilerden ne derece etkilendiğini incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada, ilk aşamada Avrupa ve Asya'daki 59 uluslararası havalimanının etkinlikleri VZA ile değerlendirilmiştir (Chaouk, Pagliari ve Moxon, 2020). İkinci aşamada ise Tobit Regresyon modeli ile çevresel faktörlerin etkileri incelenmiştir. VZA 'da 2009 ve 2015 yıllarına ait etkinlik karşılaştırması yapılmıştır. Bu kapsamda, pist uzunluğu, kapı sayısı, terminal alanı büyüklüğü ve çalışan sayısı değişkenleri girdi olarak; toplam yolcu sayısı, uçuş sayısı, kargo miktarı ve havacılık dışı gelir değişkenleri çıktı olarak modelde yer almıştır. Çalışma sonucunda, makro ekonomik çevrenin, insan gelişiminin, emniyet ve güvenliğin, kurumsal kalitenin havalimanlarının performansları üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Merkert ve Assaf, havalimanlarının kalitesinin havalimanı karlılığına etkisini araştırmak amacıyla, 30 uluslararası havalimanı üzerinde çıktı odaklı VZA ile bir etkinlik çalışması yapmıştır (2015). Havalimanlarının seçiminde Skytrax¹ sıralaması dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, pist uzunluğu, terminal alanı büyüklüğü ve çalışan sayısı girdi değişkenleri olarak kullanılmışken, yolcu sayısı, kargo miktarı ve uçak trafiği sabit değişkenler olmak üzere, skytrax skoru, yolcu değerlendirmesi ve margin (faiz, amortisman ve vergi öncesi kâr)

¹ Birleşik Krallık'ta uluslararası uçuş araştırma servisi.

değişkenleri çıktı değişkenleri olarak ele alınmıştır. Çıktı değişkenlerinin farklı kombinasyonlarına göre 5 farklı VZA modeli sonuçlandıktan sonra, karşılaştırma yapılmış ve kalite değişkenlerinin çıktı olarak dâhil edilmesinin önemi vurgulanmıştır.

20 İtalyan havalimanını işleticisinin 2006-2008 yılları arasındaki etkinliklerinin VZA ve Malmquist endeksi ile karşılaştırmasının yapıldığı bir çalışmada, havalimanlarında sunulan hizmetlerin kalitesinin, havalimanlarının etkinleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir (Nicola, Gitto ve Mancuso, 2013). Çalışmada, toplam uçuş trafiği, toplam taşınan birim sayısı (yolcu ve kargo) girdi değişkenleri olarak belirlenmiştir. İşçi maliyetleri, yatırılan sermaye ve değişken maliyetler ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Kalite göstergeleri olarak, konfor seviyesinin yolcular tarafından genel algısı, rötarlı uçuşların yüzdesi, yolcuların bekleme süresi, bagaj teslim süresi ve yanlış yönlendirilmiş bagaj sayısı kullanılmıştır. Çalışmanın literatüre ana katkısı havalimanı kalitelerinin verimlilikleri üzerindeki katkısının tespiti olmuştur. Yolcu sayılarındaki artışa rağmen havalimanlarının etkinlerindeki düşüş bu şekilde açıklanmıştır. Ayrıca çalışma, İtalyan havalimanlarının altyapıları açısından kabul edilebilir bir kalite düzeyine sahip olmalarına rağmen, yönetsel/ıdari prosedürlerinin güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle yolcuların bekleme süresini azaltabilmek için havalimanı işleticilerinin daha fazla kaynak aktarması gerektiği değerlendirilmiştir.

2019 yılında Kolombiya’da yapılan bir çalışmada, ülkenin büyük ve önemli havalimanlarının büyük bir çoğunluğunun özelleştirilmesi sebebiyle, havalimanları işletimi özelde ve işletimi devlette olan havalimanları olarak iki gruba ayrılmıştır. Havalimanlarının 2012-2017 yılları arasındaki verimliliklerini değerlendirmek amacıyla özel yönetiminde olan 17 havalimanı ve devlet yönetimindeki 5 havalimanı ayrı gruplar halinde analiz edilmiştir. Çalışmada yalnızca havalimanlarının altyapı, kapasite ve havacılık faaliyetlerine yönelik teknik değişkenler kullanılmıştır. Bu kapsamda girdi değişkenleri olarak; pist sayısı, pist uzunluğu, apronda bulunan uçak park pozisyonlarının sayısı, terminal binasının alanı ve apron alanı belirlenmişken, çıktı değişkenleri olarak; uçuş sayısı, yolcu sayısı ve taşınan kargo miktarı belirlenmiştir. Analiz sonucunda, özelleştirilmiş havalimanlarının daha yüksek verimlilik seviyelerine sahip olduğu ve analiz döneminde büyük çoğunluğunun verimlilik endekslerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kamuya ait 5 havalimanının ise daha küçük ölçekli havalimanları olmasına rağmen bulundukları coğrafi konum itibarıyla Kolombiya iç ağında önemli bir rolü olduğu ve özelleştirmeye aday oldukları, verimlilik

açısından bu iki grup arasındaki farkın mülkiyet veya yönetim yapısından ziyade, daha çok göreceli büyüklükleriyle alakalı olduğu ifade edilmiştir (Olariaga ve Moreno, 2019).

Chutiphongdech ve Vongsaroj tarafından yürütülen bir çalışmada, Taylan'daki bölgesel ve yerel 31 havalimanının 2009-2018 yılları arasındaki verimlilik ve üretkenlik açısından havalimanlarının performansları, VZA ve Malmquist üretkenlik endeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çıktı odaklı BCC modeli ve Malmquist modelinin uygulanması ile havalimanlarının teknik olarak verimsiz çalıştığı, ancak çoğu havaalanının toplam üretkenlik değişiminin %8.4 civarında ilerleme gösterdiği bulunmuştur. Havalimanlarının en verimli yılının 2013 yılı olduğu, en kötü yılının ise 2010 yılı olduğu gözlemlenmiştir. Sırasıyla bahse konu yıllarda ortalama teknik etkinlik değeri 0,959 ve 0832 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, pist sayısı, pist uzunluğu, apron büyüklüğü, otopark alanı ve terminal alanı büyüklüğü girdi değişkenleri olarak seçilmişken, uçuş sayısı, yolcu sayısı ve kargo miktarı çıktı değişkenleri olarak seçilmiştir (Chutiphongdech ve Vongsaroj, 2022).

Havayolu taşımacılığına olan talebin günden güne artması ve bu konuda havalimanlarının kapasitesinin yeterli olup olmadığı hususunda belirsizliklere ışık tutmak amacıyla Amerika Birleşik Devletleri'ndeki büyük ve orta ölçekli 59 havalimanının 2015-2019 yılları arasındaki kapasite yapısı VZA ile (Karanki ve Bilotkach, 2023) incelenmiştir. Çalışmaya göre, incelenen havalimanlarının %76'sının önümüzdeki 7 yıl boyunca kapasite sorunu olmayacağı belirtilmiştir. Havalimanlarının analiz dönemindeki ortalama etkinliklerinin 0,79 olduğu ve çıktıların %21 oranına kadar artırılabilceği ifade edilmiştir. Ayrıca, büyük havalimanlarının kapasite kullanımlarının orta büyüklükteki havalimanlarına göre %9 daha fazla olduğu ve fazla nüfusun olduğu bölgelerde atıl kapasite olasılığının düşük olduğu gözlemlenmiştir (Karanki ve Bilotkach, 2023).

Ersoy tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 2019 yılı ve 2020 yılının ilk çeyreğinde, 12 adet uluslararası havalimanının VZA, TOPSIS ve EDAS yöntemleri kullanılarak etkinlik hesaplaması yapılmıştır (Ersoy, 2021). Çalışmada toplam pist uzunluğu ve biniş kapı sayısı girdi değişkenleri ile toplam uçuş sayısı, yolcu sayısı ve taşınan kargo miktarı çıktı değişkenleri kullanılmıştır. VZA'da CCR yöntemi kullanılmıştır. 3 havalimanı için 2020 yılının ilk çeyreğinde pandemi kaynaklı olarak 2019 yılına göre etkinliklerin düştüğü gözlemlenmiştir. Amsterdam Schiphol Uluslararası Havalimanının ise her iki dönemde de en düşük etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada daha sonrasında alternatif bir

etkinlik sıralaması oluşturmak için TOPSIS ve EDAS yöntemleri kullanılmıştır. Ersoy, VZA'nın çok kriterli karar verme yöntemleri ile birlikte kullanılmasının, karar verme birimlerinin performanslarının sıralanmasında daha tam ve net sonuçlar verdiği sonucuna varmıştır.

Dünya literatüründeki çalışmaların yanı sıra Türkiye'deki havalimanlarının etkinliklerinin VZA ile değerlendirildiği çalışmalar da incelenmiştir.

Pandemi dönemine ilişkin yapılan bir çalışmada (Köçken, Timor ve Karakaplan, 2022), COVID-19 pandemisi öncesinde ve pandemi döneminde Türkiye'deki havalimanlarının etkinlikleri üç aşamalı VZA kullanılarak karşılaştırılmıştır. Analizde 2018 yılında Türkiye'deki 46 havalimanı, 2020 yılında ise 51 havalimanı çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Apron büyüklüğü, uçak park yeri sayısı, yolcu terminal toplam alanı girdi değişkenleri olarak belirlenirken, yolcu trafiği, uçak trafiği, yük trafiği çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. VZA'dan farklı olarak, ikinci aşamada çevresel faktörlerin havalimanı etkinlikleri üzerindeki etkisini de dikkate alabilmek adına, Stokastik Sınır Analizi kullanılmıştır. Üçüncü aşamada ise, ikinci aşamada elde edilen sonuçlara göre oluşturulan girdi ve çıktılara yeniden VZA uygulanmıştır. Böylece çevresel etkinin, etkinlik değerlerinden ayrıştırılması ve havalimanı performanslarının yalnızca yönetimsel etkinsizlik kaynaklı olarak karşılaştırması yapılmıştır. VZA ve üç aşamalı VZA'nın sonuçları karşılaştırıldığında üç aşamalı VZA'da etkinliklerin VZA'ya göre daha düşük olduğu ve havalimanı etkinlik sıralamalarının değiştiği gözlemlenmiştir. Pandemi döneminde ise havalimanlarının etkinlik sıralamalarında önemli bir değişim saptanmamıştır.

Türkiye'deki havalimanlarının yapısal ve operasyonel verimliliklerini, yönetimdeki eksiklikleri tespit etme amacıyla iki aşamalı bir çalışma yürütülmüştür (Özsoy ve Örkücü, 2021). İlk aşamada, 43 havalimanını daha homojen gruplara ayırmak için sınıflandırma ve regresyon ağacı kullanılmıştır. Bu doğrultuda havalimanları büyük, orta ve küçük ölçekli olmak üzere 3 grupta incelenmiştir. Çalışmada, operasyonel ve yapısal verimlilikler ayrı ayrı ele alınmıştır. İkinci aşamada yapısal verimliliği analiz etmek için, çıktı odaklı model; operasyonel verimliliği analiz etmek için ise girdi odaklı model kullanılmıştır. Yapısal verimlilik için kurulan modelde, terminal alanı, otopark kapasitesi, pist sayısı, tüm araçların sayısı girdi değişkeni olarak kullanılmışken, uçuş sayısı, yolcu sayısı, kargo büyüklüğü çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır. Operasyonel verimlilik için kurulan modelde ise işçi sayısı

ve işletme giderleri girdi değişkeni olarak, işletme gelirleri çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, büyük ölçekli grupta İstanbul Atatürk, Antalya ve Adana Havalimanlarının, orta ölçekli grupta ise Gaziantep, Hatay ve Kayseri Havalimanlarının tam etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Türkiye’de yapılan bir başka çalışmada (Örkcü ve Balıkçı, 2016), Türkiye’deki 21 havalimanının operasyonel etkinliklerini değerlendirmek amacıyla, VZA ve Malmquist üretkenlik endeksi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan girdi değişkenleri, pist sayısı, pist uzunluğu ve terminal alanı büyüklüğüdür. Çıktı değişkenleri ise, uçuş sayısı, yolcu trafiği ve kargo miktarı olarak belirlenmiştir. Çıktı odaklı BCC modelinin uygulanması sonucunda, Adana, Antalya ve İstanbul Atatürk havalimanlarının altı yıllık periyotta verimli olduğu, Nevşehir Kapadokya, Bursa Yenişehir, Sivas Nuri Demirağ ve Erzurum havalimanlarının ise tüm dönem boyunca en az verimli havalimanları olduğu gözlemlenmiştir. Malmquist üretkenlik endeksi analizi ile havalimanlarının dönem sonunda üretkenliklerinde %4’lük bir artış yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelediğinde, VZA’nın malmquist TFEV endeksi ile birlikte kullanıldığı görülmüştür. Havalimanlarının etkinliklerine ilişkin çok sayıda çalışma olmasına karşın, salgın döneminin havalimanlarının performanslarını nasıl etkilediğine dair görüldüğü üzere az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Literatürde yer alan bu boşluğa katkı sağlamak için, 2019-2023 yılları arasındaki 5 yıllık dönemde havalimanlarının etkinliklerindeki değişim incelenmiştir.



5. TÜRKİYE’DE HAVALİMANI İŞLETMECİLİĞİ

Küreselleşen dünyada, ticaret hacminin hızla artmasıyla birlikte ulaştırma sektörü özellikle havacılık sektörü, 21. yüzyılda stratejik ve lojistik alanlarda büyük bir ilgi ve önem arz eden bir alan hâline gelmiştir. Havacılık sektörü, hızlı ve etkili bir ulaşım sağlayarak turizm ve ticaretin gelişmesine katkıda bulunur. Bu nedenle modern dünya ekonomisinde ve küresel ticarete kilit bir role sahiptir.

Değişen, gelişen ve büyüyen teknoloji, çağımızın en büyük avantajlarını toplumlara ve devletlere sunmaktadır. Havacılık sektörü de çok hızlı teknolojik ve yapısal değişiklikler gösteren bir sektördür. Çevreye duyarlı ve yakıt odaklı gelişmeler ile farklı pazar taleplerini karşılayacak şekilde yeni tasarımlar, bu sektörün ekonomik değerinin sürekli artarak diğer sektörlerin gelişmesine katkıda bulunmasına yardımcı olur.

Jeopolitik ve stratejik olarak önemli bir noktada olan ülkemiz için de havacılık sektörü önemli rol oynamaktadır. Ülke ekonomisi ve turizmini destekleyen 56 havalimanıyla Türkiye yoğun bir havalimanı şebekesine sahiptir. Türkiye, Avrupa, Asya’nın Batısı ve Afrika için hem yolcu hem de yük trafiği açısından önemli bir hava ulaştırma merkezi konumundadır.

2020 yılında, Çin’de başlayarak bütün dünyaya yayılan ve pandemi halini alan COVID-19 salgını nedeniyle ülkeler tarafından seyahat kısıtlamaları getirilmiş ve uçuşlar azaltılmış hatta durma noktasına gelmiştir. Bu kısıtlamalar sonucunda, havacılık sektörü en çok etkilenen sektörlerden biri olmuştur.

COVID-19’un havacılığa olan olumsuz etkilerinin tümüyle giderilmesi ve COVID-19 öncesi büyüme rakamlarına dönülmesi konusunda ilgili uluslararası kuruluşların tahminlerinde EUROCONTROL tarafından yayımlanan rapora göre, 2023 yılında Avrupa havacılık sektörünün 2019 yılının %92’sine ulaşacağı bildirilmiştir (Eurocontrol, 2022).

Ülkemiz COVID-19 sonrasında havacılıkta en hızlı normalleşme sağlayan ülkeler arasında yer almıştır. Pandemi sürecinde sektöre verilen destekler, atılan doğru adımlar neticesinde havacılık sektörü diğer ülkelere kıyasla hızla toparlanmıştır. EUROCONTROL’un 2022 yılı

Analiz Raporu'nda yer alan hava trafik istatistiklerine göre; Türkiye, 948 bin uçuş ile Avrupa'da en yoğun iniş/kalkış yönetimine sahip ülkeler arasında 6'ncı sırada yer almıştır. Dünyanın buluşma noktası olan İstanbul Havaalanı ise günlük ortalama 1.156 uçuş ile Avrupa'daki en yoğun havaalanı olmuştur (SHGM, 2022 yılı faaliyet raporu).

Üyesi olduğumuz uluslararası kuruluşlara ilişkin detaylar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.1. Üyesi olduğumuz uluslararası kuruluşlar (SHGM, 2022 yılı faaliyet raporu)

Kuruluş Adı	Kuruluş Tarihi ve Yeri	Kuruluş Amacı	Açıklama	Görevimiz
ICAO (International Civil Aviation Organization)	1944- Montreal	Bütün dünyada uluslararası sivil havacılığın emin ve düzenli gelişmesini ve sürdürülmesini sağlamak	Hâlihazırda 192 üyesi bulunan kuruluşa ülkemiz 1945 yılında üye olmuştur.	Kurucu Üye, Konsey Üyeliği (1947-1950, 2016-2019 yıllarında)
ECAC (European Civil Aviation Conference)	1955 - Fransa	Havacılık emniyeti alanında mevzuat geliştirmek ve üye ülkelerde emniyet denetimleri yapmak	44 üyeye sahip olan kuruluş ICAO'nun bölgesel (Avrupa) bir organizasyonudur.	Kurucu Üye, Koordinasyon Komitesi Üyeliği
EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation)	1960- Brüksel	Avrupa hava trafik yönetimini ve emniyetini geliştirmek	Kuruluşun 41 üyesi bulunmaktadır.	Genişletilmiş yol ücretleri komitesi üyeliği, Daimi Finans Komitesi Üyeliği
DB Sivil Havacılık Komisyonu	2007- İstanbul	D8 ülkeleri sivil havacılık otoriteleri arasında koordinasyon ve iş birliğini geliştirmek	D8 ülkeleri organizasyonu bünyesinde kurulan bir komisyondur.	Güvenlik Görev Gücü Başkanlığı, Eğitim ve Kapasite Geliştirme Görev Gücü Başkanlığı ve Ticari Hususlar Görev Gücü Başkan Yardımcılığı
JAA-TO (Joint Aviation Authorities-Training Organization)	1955- Fransa	Avrupa havacılık emniyetinin sağlanması için duyulan eğitim ihtiyacını karşılamak	ECAC'ın bir alt organizasyonu olup, ECAC üyesi olan 44 ülke aynı zamanda bu organizasyona da üyedir.	

5.1. Devlet Hava Meydanları İşletmesi

DHMI Genel Müdürlüğü, sermayesinin tamamı Devlete ait, tekel niteliğindeki hizmetleri kamu yararı gözeterek üretmek ve pazarlamak üzere kurulmuş bir Kamu İktisadi Kuruluşudur (DHMI, 2022 yılı faaliyet raporu).

DHMI, sivil havacılık faaliyetlerinin gereği olan; hava taşımacılığı, havalimanlarının işletilmesi, meydan yer hizmetlerinin yapılması, hava trafik hizmetlerinin ifası, seyrüsefer sistemlerinin kurulması ve işletilmesi, bu faaliyetlerle ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılması amacıyla kurulmuştur.

Kuruluşta çalışan personelin büyük bir bölümü 233 sayılı KHK ve bu kararnamenin personele ilişkin hükümlerini değiştiren 399 sayılı KHK hükümlerine göre sözleşmeli olarak çalışanlardan, küçük bir bölümü memurlardan oluşmaktadır. 2022 yılında 11.104 sözleşmeli ve 401 memur olmak üzere toplam 11.505 kişi istihdam edilmiştir (DHMI, 2022 faaliyet raporu).

5.2. Havayolu Trafiği

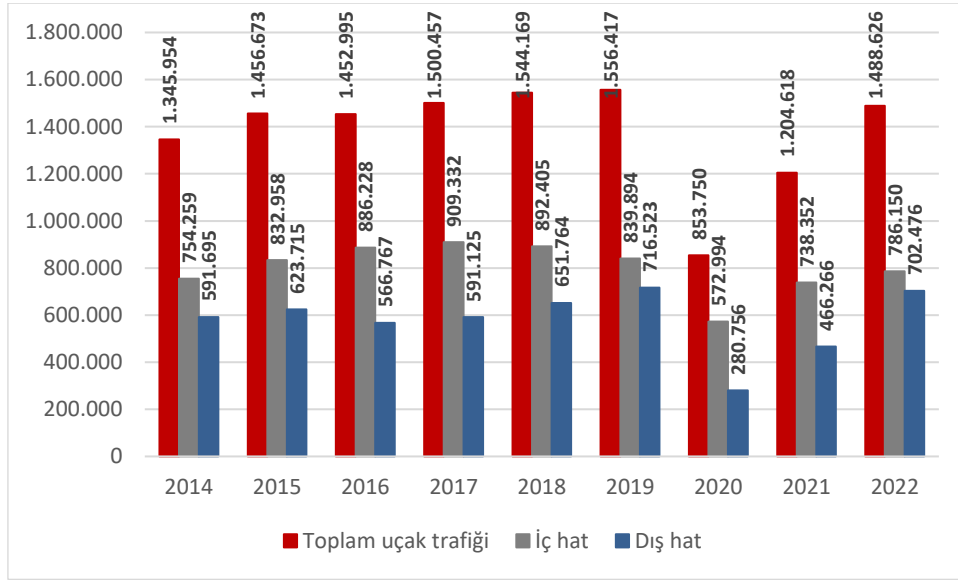
Havalimanlarının etkinliklerinin ölçümünde, hava trafik verileri havalimanlarını tanımlayan vazgeçilmez çıktı unsurları olmuştur. Tez çalışması kapsamında yapılacak analizde de hava trafik verileri doğrudan kullanılacağı için bu başlık altında açıklanma ihtiyacı olmuştur.

5.2.1. Uçak trafiği

2022 yılında Türkiye genelinde sivil ticari uçak trafiğine açık 57 havalimanına inen-kalkan uçak trafiği; iç hatlarda 786 150 ve dış hatlarda 702 476 olmak üzere, toplam 1 488 626 olmuş ve bir önceki yıla göre toplam uçak trafiğinde % 23,6 oranında artış kaydedilmiştir. 2022 yılında iç hat uçak trafiği % 6,5 oranında artmış; dış hat uçak trafiği % 50,7 oranında artmıştır. 2022 yılında toplam uçak trafiği içindeki iç hat uçak trafiği payı % 53'tür.

2022 yılında en çok uçak trafiği İstanbul Havalimanı'nda yaşanmıştır. İstanbul Havalimanı'nı, İstanbul Sabiha Gökçen, Antalya, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes ve Adana Havalimanları izlemiştir (DHMI, 2022 yılı faaliyet raporu).

2014-2022 yıllarına ait iç ve dış hat toplam uçak trafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.

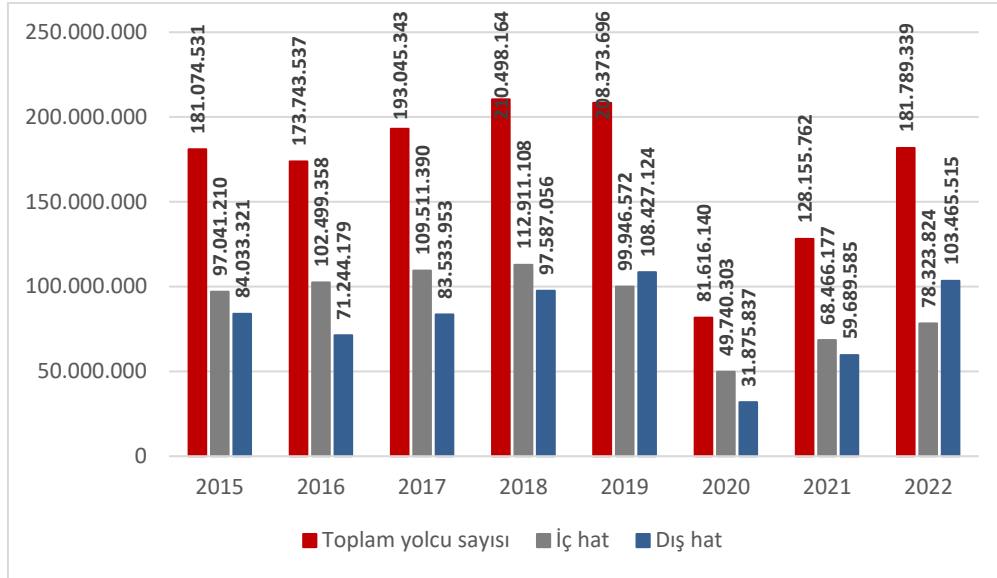


Şekil 5.1. 2014-2022 yılları uçak trafiği

2022 yılında 2021 yılına kıyasla %23,58 artış göstererek 1 488 626 olarak gerçekleşen toplam uçak trafiği pandemi öncesi (2019 yılı) seviyenin %4,36 altında kalmıştır. 2022 yılında iç hat uçak trafiği 2019 yılı düzeyinin %6,40 altında gerçekleşirken dış hat uçak trafiği ise 2019 yılına kıyasla %1,96 düşük gerçekleşmiştir (DHMİ, 2022 Havayolu sektör raporu).

5.2.2. Yolcu trafiği

2022 yılında Türkiye genelinde sivil ticari uçak trafiğine açık 57 havalimanına gelen-giden yolcu trafiği 78 323 824 iç hat ve 103 465 515 dış hat olmak üzere toplam 181 789 339 olarak gerçekleşmiş olup, 2021 yılına göre (direkt transit hariç) toplam yolcu trafiğinde % 42 oranında artış olmuştur. 2022 yılında iç hat yolcu trafiğinde % 14 artış, dış hat yolcu trafiğinde ise % 73 oranında artış olmuştur. 2021 yılında iç hat yolcu trafiğinin toplam yolcu trafiği içindeki payı % 53 iken, 2022 yılında % 43 olmuştur. 436 192 direkt transit yolcu ile birlikte havalimanları toplam yolcu sayısı 182 225 531 olmuştur (DHMİ, 2022 yılı faaliyet raporu).



Şekil 5.2. 2015-2022 yılları yolcu sayısı

2022 yılında iç hat yolcu trafiğinin önemli bir bölümü İstanbul (%20), İstanbul Sabiha Gökçen (%19), Ankara Esenboğa (%9), İzmir Adnan Menderes (%8) ve Antalya (%7) Havalimanlarından gerçekleşmiştir (DHMİ, 2022 Havayolu sektör raporu).

5.3. Mali Durum

5.3.1. Hizmet satışı ve gelirler

DHMİ'nin gelirleri, sivil havacılık faaliyetlerinin gereği olan, seyrüsefer hizmetleri, terminal hizmetleri ve işletme hizmetleri karşılığında elde edilen satış hasılatı ile diğer hasılat ve karlardan oluşmaktadır.

2020 yılına kadar kârlı bir şekilde faaliyetlerine devam eden Kuruluş, 2020 yılında ortaya çıkan COVID-19 pandemisinin sivil havacılık sektörünü olumsuz etkilemesi nedeniyle bu kapsamda alınan önlemler neticesinde 2020 yılından itibaren zarar ettiği görülmektedir.

2022 yılında %84,3'lük bir artışla 12,7 milyar TL düzeyinde gerçekleşen brüt satış hasılatının 5,6 milyar TL'si (%44) işletme hizmetlerinden, 4,9 milyar TL'si (%39) seyrüsefer hizmetlerinden ve 2,2 milyar TL'si (%17) ise terminal hizmetlerinden elde edilmiştir. Pandemi kaynaklı alınan idari önlemler, Rusya-Ukrayna Savaşı'nın etkileri ve Antalya Havalimanı'nın işletme hakkı devri kapsamında alınan avans tutarı kaynaklı kur

zararı vb. nedenlerle Kuruluş, 2022 yılını 131,5 milyon TL dönem zararı ile kapatmıştır (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2022 Kamu işletmeleri raporu).

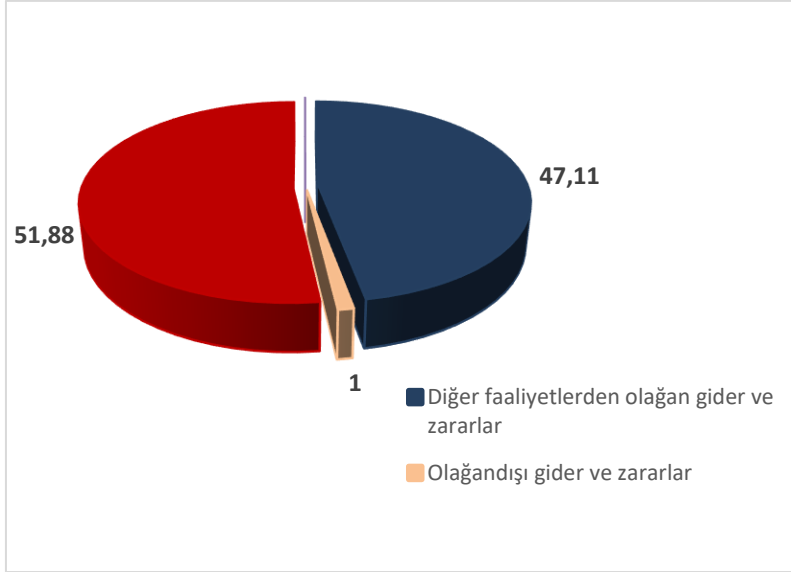
Çizelge 5.2.' de DHMİ'nin 2021 ve 2022 yıllarına ait gelir bilgisi görülmektedir.

Çizelge 5.2. DHMİ 2021-2022 gelirleri

Gelir Türü	2021	2022
A.BRÜT SATIŞLAR	6 867 832	12 655 815
1.YURT İÇİ SATIŞLAR	5 102 933	9 403 427
SEYRÜSEFER	1 305 458	2 330 231
TERMİNAL	796 770	1 553 211
İŞLETME	3 000 705	5 519 985
2 .YURT DIŞI SATIŞLAR	1 764 899	3 252 388
SEYRÜSEFER	1 404 790	2 510 080
TERMİNAL	349 940	658 277
İŞLETME	10 169	84 031
B.DİĞ FAAL OLAĞ GEL VE KAR	1 274 567	5 007 377
C.OLAĞANDIŞI GELİR VE KAR	28 646	40 386
D.BRÜT GELİR TOPLAMI	8 171 045	17 703 578
E.SATIŞ İNDİRİMLERİ	585 111	1 099 295
SATIŞTAN İADELER	0	0
DİĞER İNDİRİMLER	585 111	1 099 295
F.TOPLAM SAFİ GELİR	7 585 934	16 604 283

5.3.2. Gider ve maliyetler

Gider ve zararlar beş başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; satış maliyeti ve faaliyet giderleri, diğer faaliyetlerden olağan gider ve zararlar, finansman giderleri, olağan dışı gider ve zararlardır. 2022 yılı İşletme Bütçesi ile 6 633 681 000 TL gider yapılacağı programlanmış olup, bu tutar yıl içi gelişmelere paralel olarak 18 050 322 000 TL olarak revize edilmiştir.



Şekil 5.3. DHMİ 2022 yılı gider dağılımı

Kuruluş hizmete yönelik faaliyet gösterdiğinden, malzeme giderleri diğer giderler içinde düşük kalmakta, personel giderleri öncelik kazanmaktadır. Havalimanlarında 2022 yılında en çok gider Antalya Havalimanında 7 109 259 286,99 TL olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılında en az gider Gökçeada Havalimanında 29 320 174,06 TL olmuştur (DHMİ, 2022 yılı faaliyet raporu).



6. TÜRKİYE’DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜMÜ

6.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Havacılık sektörü, küresel çapta taşımacılık gerçekleştirirken kıtaları, ülkeleri, şehirleri birbirine bağlayan, ülke ve şehirlerin ekonomik gelişimine ve birçok alanda istihdam sağlanmasına doğrudan veya dolaylı katkı sağlayan bir sektördür.

Dünya genelinde ekonomiye ve istihdama katkısı açısından önemli bir yeri olan hava ulaşımı sektörü, Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilen COVID-19 salgının etkilerinin en çok hissedildiği sektörlerden birisi olmuştur.

Bu nedenle salgının havalimanları üzerindeki etkilerini değerlendirmek, salgın sonrası normale dönüş sürecini ise gözlemleyebilmek adına; Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanlarının 2019-2023 yılları arasındaki etkinliklerini VZA yaklaşımı ile incelemek bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. İlave olarak diğer amaçlar, etkin olmayan havalimanları için uygun kaynak seviyelerini tespit etmek, havalimanlarının göreceli etkinliklerini karşılaştırmak ve havalimanlarının pandemi öncesi ve sonrası etkinliklerindeki değişimi analiz etmek olarak sıralanabilir.

Ülkemiz genelinde sivil hava trafiğine açık 57 havalimanı bulunmaktadır. Bu havalimanlarından Zonguldak Çaycuma, Gazipaşa Alanya, Zafer ve Aydın Çıldır Havalimanları DHMİ denetimli özel şirket tarafından işletilmektedir. İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Savunma Sanayi Başkanlığı denetiminde özel şirket tarafından, Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı, Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından, İstanbul Havalimanı DHMİ denetimi ve gözetimi altında özel şirket tarafından işletilmektedir. Çalışma kapsamında bahse konu havalimanlarından yalnızca İstanbul havalimanının verilerine ulaşılabilmesi sebebiyle diğer 6 havalimanı kapsama alınmamıştır. Diğer taraftan, Balıkesir Merkez ve Çanakkale Gökçeada havalimanlarının her ne kadar sivil trafiğe açık olsa da yolcu ve uçak trafik akışının olmaması sebebiyle çalışmaya dahil edilmemiştir. İstanbul Atatürk havalimanı da, havalimanına olan yoğun talebin İstanbul havalimanının açılmasıyla birlikte bu havalimanına yönlendirilmesi nedeniyle çalışma kapsamına alınmamıştır.

Yapılan açıklamalar çerçevesinde, VZA uygulaması bahse konu havalimanları dışında kalan 48 havalimanı için gerçekleştirilecektir.

6.2. Karar Verme Birimlerinin Seçimi

VZA’da uygulamanın ilk aşaması benzer türdeki girdileri kullanarak benzer türde çıktılar üreten homojen yapıda KVB’ler seçmektir. Çalışma kapsamında bir önceki bölümde açıklanan gerekçelerle Türkiye’de faaliyet gösteren 48 havalimanının 2019-2023 yılları arasındaki göreceli etkinlikleri incelenecektir. Rize Artvin havalimanının 2022 yılında açıldığı göz önünde bulundurularak yalnızca 2022 ve 2023 yılı verileri analiz edilmiştir.

KVB’ler arasındaki homojenliği ve dengeyi sağlayabilmek adına havalimanları yıllık yolcu sayısına göre 3 gruba ayrılmıştır. Yıllık yolcu sayısı 1.000.000’un üzerinde olanlar büyük ölçekli havalimanları, yıllık yolcu sayısı 1.000.000 ile 250.000 arasında olanlar orta ölçekli havalimanları ve yıllık yolcu sayısı 250.000’in altında olanlar küçük ölçekli havalimanları olarak gruplanmış olup, her grup için ayrı bir analiz yapılacaktır. Buna göre üç gruba ayrılan havalimanları Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. Uygulamada kullanılan karar verme birimleri

Büyük Ölçekli Havalimanları (Yıllık Yolcu Sayısı >1.000.000)	Orta Ölçekli Havalimanları (1.000.000>Yıllık Yolcu Sayısı >250.000)	Küçük Ölçekli Havalimanları (Yıllık Yolcu Sayısı <250.000)
İstanbul	Erzurum	Ağrı Ahmed-i Hani
Antalya	Ordu-Giresun	Balıkesir Koca Seyit
İzmir Adnan Menderes	Konya	Iğdır Şehit Bülent Aydın
Ankara Esenboğa	Elazığ	Adıyaman
Muğla Dalaman	Malatya	Kahramanmaraş
Muğla Milas-Bodrum	Şanlıurfa Gap	Çanakkale
Adana	Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	Bingöl
Trabzon	Kars Harakani	Hakkari Yüksekova
Gaziantep	Kapadokya	Bursa Yenişehir

Çizelge 6.1. (devam) Uygulamada kullanılan karar verme birimleri

Büyük Ölçekli Havalimanları (Yıllık Yolcu Sayısı >1.000.000)	Orta Ölçekli Havalimanları (1.000.000>Yıllık Yolcu Sayısı >250.000)	Küçük Ölçekli Havalimanları (Yıllık Yolcu Sayısı <250.000)
Kayseri	Batman	Amasya Merzifon
Diyarbakır	Denizli Çardak	Tokat
Van Ferit Melen	Sivas Nuri Demirağ	Isparta Süleyman Demirel
Samsun Çarşamba	Muş Sultan Alparslan	Sinop
Hatay	Erzincan Yıldırım Akbulut	Siirt
	Şırnak Şerafettin Elçi	Kastamonu
	Rize-Artvin	Tekirdağ Çorlu Atatürk
		Kocaeli Cengiz Topel
		Uşak

6.3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

VZA'daki en önemli noktalardan bir tanesi girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimidir. KVB'lerin performansına etki edebilecek ve onları en iyi ifade edebilecek değişkenlerin seçimi, analiz sonuçlarının doğruluğu açısından elzemdir. Bazı girdi ve çıktıların değiştirilmesi veya bazılarının ihmal edilmesi farklı etkinlik sonuçlarının doğmasına neden olacaktır.

Uygulamada kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi için, literatürde en sık kullanılan değişkenler tespit edilmiş sonrasında, DHMİ Genel Müdürlüğü uzman görüşlerine başvurarak çalışmada kullanılacak değişkenler belirlenmiştir. Uygulamada kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerini gösterir tablo aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 6.2. Girdi ve çıktı değişkenleri

<i>Girdi Değişkenleri</i>	<i>Açıklama</i>
Yolcu terminal alanı büyüklüğü	Havalimanında yolcuya hizmet verilen terminal alanı (m ²)
Bagaj konveyör sayısı	Yolcuların bagajlarını alabildiği kemer sayısı (adet)
Personel sayısı	Havalimanında çalışmakta olan personel sayısı (kişi)
İşletme gideri	Havalimanının yıl içinde yaptığı harcamalar toplamı (TL)
<i>Çıktı Değişkenleri</i>	<i>Açıklama</i>
Yolcu trafiği	Havalimanının iç hat ve dış hat toplam yıllık yolcu sayısı
Uçak trafiği	İç hat ve dış hat toplam yıllık uçuş sayısı
İşletme gelirleri	Havalimanı tarafından yıl içinde kazanılan hizmet gelirleri toplamı (TL)

Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler DHMİ Genel Müdürlüğünden temin edilmiş olup Ek-1’de yer almaktadır. VZA’da anlamlı değişken kümeleri oluşturmak için, girdi ve çıktı değişkenlerine ait ikili korelasyon katsayıları Spearman sıra korelasyonuna göre hesaplanmış ve Çizelge 6.3’te verilmiştir. Sonuçlara göre girdi ve çıktı değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.3. Değişkenler arası korelasyon katsayıları

Çıktılar/Girdiler	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Yolcu trafiği	0,73	0,77	0,68	0,82
Uçak trafiği	0,58	0,70	0,86	0,84
İşletme gelirleri	0,77	0,80	0,77	0,89

6.4. Modelin Kurulması ve Etkinlik Ölçümlerinin Yapılması

Çalışmada öncelikle VZA modellerinden ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanarak etkinliğin ölçümünün yapıldığı CCR modeli kullanılacaktır. Ancak analiz sonucunda etkin olmayan havalimanlarının optimal üretim ölçeğinde faaliyet gösterip göstermediğini tespit

etmek için ölçeğe göre değişken getirili BCC modeli ile ölçek etkinliklerine ilişkin yorum yapılacaktır.

Modelde karar verilmesi gereken bir diğer nokta ise girdi ve çıktıya yönelik modellerden hangisinin tercih edileceğidir. Bu çalışmada mevcut çıktı seviyelerini etkin bir şekilde üretebilmek için havalimanlarının kaynaklarını nasıl kullanmaları gerektiğinin araştırılması hedeflendiğinden girdiye yönelik VZA modeli uygulanacaktır.

VZA ile havalimanlarının 2019-2023 yılları arasındaki etkinlikleri hesaplandıktan sonra, Malmquist TFV endeksi ile yıllar itibarıyla havalimanlarının verimliliklerinin gözlemlenmesi, pandemi sürecinin etkisinin belirlenebilmesi hedeflenmektedir.

Havalimanları için her yıl ayrı kurulan matematiksel modelin çözümü DEAP 2.1 yazılımı ile yapılmıştır. Büyük ölçekli havalimanları için örnek sonuçlar Ek-2’de verilmiştir. Üç grup için modeller kurularak göreceli etkinlikler ve Malmquist endeksleri hesaplanmıştır.

6.5. Büyük Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular

6.5.1. Etkinlik sonuçları

Büyük ölçekli havalimanlarının 2019-2023 yılları arasındaki girdiye yönelik CCR modeline ilişkin etkinlik sonuçları Çizelge 6.4’te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Büyük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama
İstanbul	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Antalya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
İzmir Adnan Menderes	0,710	0,907	0,716	0,941	0,845	0,824
Ankara Esenboğa	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Muğla Dalaman	0,644	0,821	0,594	0,777	0,677	0,703
Muğla Milas-Bodrum	0,691	1,000	0,693	0,759	0,649	0,758

Çizelge 6.4. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Adana	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Trabzon	0,982	0,963	0,963	0,910	1,000	0,964
Gaziantep	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kayseri	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Diyarbakır	0,710	0,998	0,792	0,694	0,900	0,819
Van Ferit Melen	0,820	1,000	1,000	0,932	0,858	0,922
Samsun Çarşamba	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hatay	0,661	0,690	0,631	0,551	0,274	0,561

Havalimanlarına ilişkin 5 yıllık etkinlik sonuçları incelendiğinde, İstanbul, Antalya, Ankara Esenboğa, Adana, Gaziantep, Kayseri ve Samsun Çarşamba Havalimanlarının 5 yıl boyunca göreceli etkinlik skorunun 1 olduğu gözlemlenmiştir. Bu havalimanlarından sonra 5 yıl içinde en yüksek etkinlik değerlerine sahip havalimanları Trabzon ve Van Ferit Melen'dir. Van Ferit Melen Havalimanının pandemi döneminde göreceli tam etkin olduğu ancak 2022 ve 2023 yıllarında etkinlik değerinin 1'in altına düştüğü görülmektedir. 2020 yılında havalimanlarının yolcu trafiğinde %50 civarı azalış varken Van Ferit Melen Havalimanındaki kayıp %11 seviyelerindedir. 2020 yılında etkin duruma geçmesinde bu durumun etkisi olduğu düşünülmektedir.

İzmir Adnan Menderes Havalimanı Türkiye'deki en büyük ve hava trafiğinin en yoğun olduğu havalimanlarından bir tanesi olmasına karşın analiz yılları içerisinde göreceli tam etkin konuma gelememiştir. 2022 yılında etkinlik değeri 0,941 ile 5 yılın en yüksek seviyesine ulaşmışken 2023 yılında 0,845 seviyesine gerilemiştir.

Muğla Milas Bodrum Havalimanı yalnızca 2020 yılında göreceli tam etkin duruma gelebilmişken sonraki yıllar etkinlik değerleri düşüş göstermiştir. 0,758 ortalama etkinlik değeri ile en düşük etkinlik değerine sahip 3. havalimanı olmuştur.

Muğla Dalaman ve Hatay Havalimanları sırasıyla 0,703 ve 0,561 ortalama etkinlik değerleri ile 2019-2023 yılları arasında en düşük skorlara sahip havalimanları olarak listenin sonlarında yer almışlardır.

2023 yılında ülkemizde gerçekleşen 6 Şubat deprem felaketi neticesinde Hatay Havalimanının pistinde ve terminal binasında ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Hatay Havalimanının 2023 yılı etkinlik değerinin 0,274 ile 5 yılın en düşük değerine gelmesinde deprem etkisinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

CCR modeli ile hesaplanan toplam etkinlik değerleri, ölçek etkinliği ile BCC modeli ile hesaplanan saf teknik etkinlik değerlerinin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Büyük havalimanları için BCC modeline göre hesaplanan etkinlik skorları Çizelge 6.5'te, ölçek etkinlik değerleri ise Çizelge 6.6'da verilmektedir.

Çizelge 6.5. Büyük ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023
İstanbul	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Antalya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
İzmir Adnan Menderes	0,710	0,944	0,716	0,991	0,848
Ankara Esenboğa	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Muğla Dalaman	0,700	0,821	0,619	0,797	0,710
Muğla Milas-Bodrum	0,758	1,000	0,719	0,804	0,704
Adana	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Trabzon	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Gaziantep	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kayseri	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Diyarbakır	0,869	1,000	0,933	0,898	0,997
Van Ferit Melen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Samsun Çarşamba	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hatay	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 6.6. Büyük ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ölçeğe Göre Getiri Durumu
İstanbul	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Antalya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
İzmir Adnan Menderes	0,999	0,960	0,999	0,950	0,997	Ölçeğe göre azalan
Ankara Esenboğa	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Muğla Dalaman	0,919	0,999	0,959	0,976	0,954	Ölçeğe göre artan
Muğla Milas-Bodrum	0,911	1,000	0,965	0,944	0,922	Ölçeğe göre artan
Adana	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Trabzon	0,982	0,963	0,963	0,910	1,000	Ölçeğe göre sabit
Gaziantep	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Kayseri	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Diyarbakır	0,817	0,998	0,849	0,772	0,903	Ölçeğe göre artan
Van Ferit Melen	0,820	1,000	1,000	0,932	0,858	Ölçeğe göre artan
Samsun Çarşamba	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Hatay	0,661	0,690	0,631	0,551	0,274	Ölçeğe göre artan

CCR modeline göre etkin durumda olmayan havalimanlarının BCC saf teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değerleri incelendiğinde Muğla Dalaman ve Muğla Milas-Bodrum Havalimanlarının ölçek etkinlik değerlerinin yüksek olduğu ve göreceli toplam etkinlik değerinin 1'e ulaşamamalarının nedeninin saf teknik etkinlik kaynaklı olduğu gözlemlenmektedir.

Diyarbakır Havalimanının saf teknik etkinlik değerinin ve ölçek etkinlik değerinin 2021 ve 2022 yılında düşüş gösterdiği 2023 yılında yeniden yükselişe geçtiği, Van Ferit Melen ve Trabzon Havalimanlarının saf teknik etkinliklerinin 5 yıl boyunca 1 olduğu ölçek etkinlik değerlerinin ise 1'e yakın olmakla birlikte toplam teknik etkinlik değerinin 1'e ulaşamamasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Hatay Havalimanının grup içerisindeki en düşük ölçek etkinlik değerine sahip olduğu buna karşın saf teknik etkinlik değerinin analiz süresi içerisinde her yıl 1 olduğu, uygun ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermesiyle birlikte toplam teknik etkinlik değerinin de göreceli tam etkin duruma geçebileceği değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan Çizelge 6.6'da 2023 yılı verilerine göre havalimanlarının ölçeğe göre getiri durumu da incelenmiştir. Buna göre, İstanbul, Antalya, Ankara Esenboğa, Adana, Trabzon, Gaziantep, Kayseri ve Samsun Çarşamba Havalimanları ölçeğe göre sabit getirili, İzmir Adnan Menderes Havalimanının ölçeğe göre azalan getirili diğer havalimanlarının ise ölçeğe göre artan getirili durumlarının olduğu görülmektedir.

6.5.2. Referans grupların belirlenmesi

VZA modelinde etkin çıkmayan karar verme birimlerinin referans alması gereken karar verme birimleri tespit edilerek bir referans kümesi oluşturulmaktadır. Başka bir ifade ile etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin duruma gelebilmeleri için kendilerine örnek aldıkları etkin karar verme birimlerinin oluşturduğu kümeye referans kümesi denir. Bu sayede hangi girdi-çıkıtların hangi miktarda artırılacağı ve hangi miktarlarda azaltılacağı belirlenmektedir. DEAP 2.1 programı, yapılan analiz sonucu referans kümeleri bize çıktı olarak vermektedir.

2023 yılı CCR modeli sonuçlarına göre, etkin olmayan havalimanları için oluşturulan referans kümesi ve bu havalimanlarını referans alma yüzdeleri Çizelge 6.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.7. Büyük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları

Havalimanları	Referans Kümeler ve Yüzdeleri			
İstanbul	-			
Antalya	-			
İzmir Adnan Menderes	Kayseri (1,107)	Adana (0,073)	Antalya(0,016)	İstanbul(0,094)
Ankara Esenboğa	-			
Muğla Dalaman	İstanbul(0,045)	Antalya(0,041)	Adana (0,253)	Samsun (0,158)
Muğla Milas-Bodrum	İstanbul(0,028)	Antalya 0,029)	Adana (0,381)	
Adana	-			
Trabzon	-			

Çizelge 6.7. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları

Havalimanları	Referans Kümeler ve Yüzdeleri			
Gaziantep	-			
Kayseri	-			
Diyarbakır	Kayseri (0,870)			
Van Ferit Melen	Adana (0,378)			
Samsun Çarşamba	-			
Hatay	İstanbul (0,000)	Adana (0,091)		

2023 yılı CCR modeline göre referans alınabilecek göreceli tam etkin durumda olan 8 havalimanı bulunmaktadır. Tablo incelendiğinde etkin olmayan havalimanlarına en fazla referans olan havalimanı 5 referans sayısı ile Adana Havalimanı'dır. İstanbul Havalimanı 4 referans sayısı ile en çok referans olan ikinci havalimanı olmuştur.

Çizelge 6.7'de yer alan sayıların ifade ettikleri anlam şu şekilde açıklanabilir. Örneğin, Diyarbakır Havalimanı tam etkin duruma gelebilmek için Kayseri Havalimanını referans alarak girdi ve çıktı değişkenlerini hedeflenen değerlerini belirlemelidir. Kayseri Havalimanına %87 oranında benzediğinde Diyarbakır Havalimanı göreceli olarak etkin olabilecektir. Bu oranlarla hedeflenen değerler şu formülle hesaplanmaktadır. Diyarbakır Havalimanı çalışan sayısı girdi değişkeni için hedeflenen değer; Kayseri Havalimanı çalışan sayısı*0,87 hesaplaması ile bulunur. Buna göre 2023 yılı CCR modeline göre etkin olmayan havalimanları için hesaplanan girdi değişkenlerine yönelik hedeflenen değerler Çizelge 6.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.8. Büyük ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri

Havalimanları	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri (TL)
İstanbul	698 662	28	7 212	22 163 200 000
Antalya	59 655	16	2 709	28 761 230 000
İzmir Adnan Menderes	74 015	9	946	2 878 955 270
Ankara Esenboğa	88 566	9	1 829	3 620 260 000
Muğla Dalaman	36 069	5	560	2 327 200 890
Muğla Milas-Bodrum	23 970	6	423	1 639 488 230
Adana	6 515	12	366	436 010 000
Trabzon	11 325	8	301	367 040 000
Gaziantep	21 270	4	282	413 580 000
Kayseri	6 250	5	178	266 890 000
Diyarbakır	5 438	4	155	232 213 790
Van Ferit Melen	2 460	5	138	164 634 750
Samsun Çarşamba	4 725	3	211	225 920 000
Hatay	914	1	37	49 798 450

Etkin durumda olan havalimanları için hedeflenen değerler tabloda değişmemekte, mevcut girdi değişkenlerine ait veriler tabloda yer almaktadır. Etkin olmayan havalimanları açık renkle tabloda gösterilmiştir. Çizelgeye göre, Diyarbakır Havalimanının etkin duruma gelebilmesi için, yolcu terminal alanının 5 438 metrekareye, bagaj toplama kemer sayısını 5'e, havalimanında çalışan personel sayısını 155'e ve işletme giderlerini 232 milyon TL'ye düşürmesi gerekmektedir. İzmir Menderes Havalimanının da etkin olabilmesi için yolcu terminal alanının 74 015 metrekare, bagaj toplama kemer sayısının 9, havalimanında çalışan personel sayısının 946 ve işletme giderlerinin 2,9 milyar TL olması gerekmektedir. Benzer yorum diğer havalimanları için de yapılabilir.

6.5.3. Malmquist endeksi sonuçları

Büyük ölçekli havalimanlarına ait 2019-2023 yılı etkinlikleri hesaplandıktan sonra, çalışmanın bu bölümünde COVID-19 pandemisinin, havalimanlarının etkinliklerine olan etkisinin görülebilmesi için Malmquist TFV endeksindeki değişim incelenecektir. TFV endeksindeki değişim, teknik etkinlikteki değişme (TED) ve teknolojik değişme (TD) unsurlarından oluşmaktadır. Bu unsurların incelenmesi ile zaman içerisinde etkinlikteki değişimin verimlilikteki değişimlerden mi kaynaklı yoksa teknolojik faktörlerdeki değişimden mi kaynaklı olduğu tespit edilebilmektedir. TED ve TD değerlerinin 1'den büyük olması incelenen zaman içerisinde teknik ve teknolojik ilerleme ve gelişmeleri gösterirken, bu endekslerin 1'den küçük olması teknik ve teknolojik gerilemeleri anlamına gelmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan DEAP 2.1 yazılımı ile büyük ölçekli havalimanlarına ait TFV değişimleri hesaplanmış ve Çizelge 6.9'da 2019-2020 yılları arasındaki hesaplanan değişim değerleri paylaşılmıştır.

Çizelge 6.9. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
İstanbul	1,000	0,564	0,564
Antalya	1,000	0,352	0,352
İzmir Adnan Menderes	1,278	0,366	0,468
Ankara Esenboğa	1,000	0,408	0,408
Muğla Dalaman	1,275	0,466	0,594
Muğla Milas-Bodrum	1,447	0,522	0,755
Adana	1,000	0,537	0,537
Trabzon	0,981	0,514	0,505
Gaziantep	1,000	0,580	0,580
Kayseri	1,000	0,507	0,507
Diyarbakır	1,406	0,478	0,672
Van Ferit Melen	1,220	0,709	0,865
Samsun Çarşamba	1,000	0,665	0,665
Hatay	1,043	0,568	0,593
Ortalama	1,118	0,517	0,576

2020 yılı pandemi dönemi etkilerinin en çok hissedildiği, salgına yönelik tedbirlerinin en yoğun şekilde uygulandığı ve bunun sonucunda yolcu ve uçak trafiğinde ciddi düşüşlerin yaşandığı bir yıl olmuştur. 2019-2020 yılları arasında 14 havalimanının TFV değerinde ortalama %42 oranında azalış gerçekleşmiştir. TFV'deki düşüşün teknik etkinlikteki %11'lik artışa rağmen teknolojik değişimdeki azalıştan kaynaklandığı görülmektedir. Bu dönemde havalimanlarından hiçbirinin TFV değerinde artış gözlemlenmemiştir. 2019-2020 yılı arasında havalimanlarının hepsinin teknik etkinlik değişimi pozitif yönlü olurken yalnızca Trabzon havalimanı için TED değeri 0,981 olmuştur. 2020 yılında havalimanındaki pist yenileme ve bakım faaliyetlerinin bu duruma neden olabileceği değerlendirilmektedir.

Büyük ölçekli havalimanları içerisinde TFV değerinde en fazla düşüş ise %65'lik azalış ile Antalya Havalimanında meydana gelmiştir. Antalya Havalimanı Türkiye'nin İstanbul Havalimanından sonra en işlek ikinci havalimanı olup, özellikle yaz aylarında milyonlarca turisti ağırlamaktadır. Türkiye'nin en işlek birinci havalimanı olan İstanbul Havalimanının TFV endeksinde ise %44 oranında azalış olduğu görülmektedir.

TFV endeksindeki en az azalış %13 Van Ferit Melen Havalimanında gerçekleşmiş olup, pandemi dönemi etkilerinin en az bu havalimanında hissedildiği de söylenebilir. Muğla Milas Bodrum havalimanının da %25 oranıyla TFV değerindeki azalışta, %44'lük en yüksek teknik etkinlik değişiminin de etkisinin olduğu çizelgede görülmektedir.

Çizelge 6.10. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
İstanbul	1,000	1,338	1,338
Antalya	1,000	2,268	2,268
İzmir Adnan Menderes	0,789	1,597	1,261
Ankara Esenboğa	1,000	1,247	1,247
Muğla Dalaman	0,724	1,810	1,310
Muğla Milas-Bodrum	0,693	1,925	1,334
Adana	1,000	1,342	1,342

Çizelge 6.10. (devam) 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Trabzon	1,000	1,407	1,407
Gaziantep	1,000	1,191	1,191
Kayseri	1,000	1,399	1,399
Diyarbakır	0,794	1,476	1,172
Van Ferit Melen	1,000	1,227	1,227
Samsun Çarşamba	1,000	1,105	1,105
Hatay	0,914	1,428	1,306
Ortalama	0,922	1,483	1,351

Çizelge 6.10’da büyük ölçekli havalimanlarının 2020-2021 yılları arasındaki TFV değişimi yer almaktadır. 14 havalimanının TFV endeksinde ortalama %35’lik bir iyileşme meydana gelmiştir. Bu yıllar arasında TFV değişimi 1’in altında olan havalimanı bulunmamakta olup bütün havalimanları pandemi sonrası verimlilik artışı dönemine girmişlerdir. Teknolojik değişim %48 oranında pozitif yönlü ilerlerken teknik etkinlikteki değişim %8 negatif yönlü olmuştur. Teknik etkinlikteki değişimi 1’in üzerinde olan havalimanı bulunmamaktadır.

Grup içerisinde en yüksek TFV değişimine sahip havalimanı %126 ile Antalya Havalimanı olmuştur. Pandemi döneminin başlangıcında TFV değeri en çok düşen havalimanı yine Antalya Havalimanı iken pandemi sonrası toparlanmanın da en yüksek burada olduğu gözlemlenmektedir.

İkinci olarak TFV değeri en yüksek artış gösteren havalimanı %41 ile Trabzon Havalimanı olmuştur. İstanbul Havalimanının ise 2021 yılında, 2020 yılına göre TFV endeksinde %34’lük bir artış mevcut olup bu artış teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Muğla Milas Bodrum Havalimanında bir önceki yıla göre teknik etkinlikte %31’lik bir azalış meydana gelmesine rağmen teknolojik değişimdeki %92’lik artış ile TFV değeri %33 artmıştır.

2020-2021 yılları arasında en düşük TFV artışının ise %10 oranıyla Samsun Çarşamba Havalimanında olduğu görülmektedir. Bu artış teknik etkinlikte değişim olmaması sebebiyle teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Büyük ölçekli havalimanları için 2021-2022 yılı Malmquist endekslerindeki değişim Çizelge 6.11’de verilmektedir.

Çizelge 6.11. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
İstanbul	1,000	1,375	1,375
Antalya	1,000	1,199	1,199
İzmir Adnan Menderes	1,315	0,779	1,024
Ankara Esenboğa	1,000	0,821	0,821
Muğla Dalaman	1,309	1,214	1,589
Muğla Milas-Bodrum	1,095	1,337	1,465
Adana	1,000	0,809	0,809
Trabzon	0,945	0,974	0,920
Gaziantep	1,000	0,941	0,941
Kayseri	1,000	0,952	0,952
Diyarbakır	0,876	1,160	1,016
Van Ferit Melen	0,932	0,812	0,757
Samsun Çarşamba	1,000	0,898	0,898
Hatay	0,874	0,942	0,824
Ortalama	1,025	1,015	1,042

2021-2022 yılları arası havalimanlarının TFV değerlerinde toplu yönlü bir değişimin olmadığı bir dönem olmuştur. Bazı havalimanları TFV değerlerini iyileştirme sürecine devam ederken bazı havalimanlarında düşüşlerin olduğu gözlemlenmiştir. Bu dönemde 14 havalimanının ortalamada %4’lük TFV endekslerinde artış olduğu, bu artışın %2 oranında teknik etkinliklerdeki iyileşmelerden %1 oranında teknolojik değişimden kaynaklandığı ve

böylece havalimanlarının genel olarak pandemi sonrası daha stabil bir dönem içerisine girdikleri söylenebilir. 14 havalimanından 6 tanesinde TFV değeri artış gösterirken 8 tanesinden TFV değeri negatif yönlü bir değişim izlemiştir. 4 havalimanının teknik etkinlik değişimi 1'in altında kalmışken 9 havalimanında teknolojik değişim 1'in altında kalmıştır.

Bu dönemde en yüksek performans artışı %59 ile Muğla Dalaman Havalimanında gerçekleşmiştir. Bu artış %31 oranında teknik etkinlikteki iyileşmeden %21 oranında teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır. Muğla Dalaman Havalimanı 5 yıl boyunca görece tam etkinlik seviyesini yakalayamamış olmasına rağmen TFV değerini iyileştirmeye devam etmiştir.

İkinci ve üçüncü olarak TFV değeri en yüksek havalimanı Muğla Milas Bodrum Havalimanı (%46) ve İstanbul Havalimanı (%37) olmuştur. Diyarbakır Havalimanı, teknik etkinlikte %12'lik bir düşüş performansı gösterirken teknolojik değişimdeki %16 artış sayesinde TFV endeksinde %2 artış göstererek TFV değeri pozitif en küçük olan havalimanı olmuştur.

Van Ferit Melen Havalimanı 2021-2022 yılları arasında TFV endeksi en düşük olan havalimanı olmuştur. %24 TFV değerinde azalış meydana gelmiş olup hem teknik etkinlik hem de teknolojik değişim negatif yönlü seyretmiştir.

Adana Havalimanı ise 5 yıl boyunca tam etkin durumda olmasına rağmen bu dönemde %19 düşüş ile TFV değeri en kötü olan ikinci havalimanı olmuştur. Adana Havalimanı, Çukurova'da bulunan Adana ve çevresindeki Mersin ve Osmaniye gibi yerleşim merkezlerinin de sivil hava ulaşımına açılan kapısıdır. Mersin'in Tarsus ilçesinde yapımı devam eden Çukurova Havalimanının hizmete açılmasıyla birlikte Adana Havalimanının ticari uçuşlarına son vermesi planlanmaktadır.

Bu dönemde Kayseri, Gaziantep, Trabzon, Samsun Çarşamba, Hatay ve Ankara Esenboğa Havalimanlarının da TFV değerleri 1'den küçük olup negatif yönlü bir performans göstermişlerdir.

Çizelge 6.12. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
İstanbul	1,000	1,730	1,730
Havalimanları	TED	TD	TFVD
Antalya	1,000	1,090	1,090
İzmir Adnan Menderes	0,898	1,089	0,978
Ankara Esenboğa	1,000	0,949	0,949
Muğla Dalaman	0,871	1,463	1,275
Muğla Milas-Bodrum	0,855	1,388	1,186
Adana	1,000	1,065	1,065
Trabzon	1,099	0,982	1,079
Gaziantep	1,000	0,968	0,968
Kayseri	1,000	0,878	0,878
Diyarbakır	1,298	0,941	1,222
Van Ferit Melen	0,921	0,900	0,829
Samsun Çarşamba	1,000	0,943	0,943
Hatay	0,497	1,014	0,504
Ortalama	0,960	1,100	1,050

2022-2023 yılı havalimanlarına ait TFV değerlerindeki değişim Çizelge 6.12’de verilmekle birlikte havalimanlarının ortalama TFV değeri 1,050 olmuştur. Buna göre bir önceki yıla göre ortalama etkinliklerinin %5 iyileştiği sonucuna ulaşılmaktadır. 14 havalimanının teknik etkinliklerinin %4 negatif yönlü değişim gösterdiği ancak teknolojik değişimin pozitif yönlü %10 olması sebebiyle TFV değerinin olumlu seyrettiği değerlendirilmektedir.

Grup içerisinde 2023 yılında en yüksek performans artışına sahip havalimanı 1,73 TFV değeri ile İstanbul Havalimanıdır. 2023 yılında İstanbul Havalimanı Avrupa’nın en yoğun havalimanı olmuş, günlük ortalama sefer sayısı, bir önceki seneye kıyasla yüzde 19 artarak 1375 olarak gerçekleşmiştir.

Muğla Dalaman ve Diyarbakır Havalimanları 1,275 ve 1,222 TFV değerleri ile en yüksek artışa sahip ikinci ve üçüncü havalimanları olmuştur.

Antalya, Adana ve Trabzon Havalimanlarında TFV değerlerinde ciddi bir artış olmazken İzmir Adnan Menderes, Ankara Esenboğa, Gaziantep, Kayseri, Van Ferit Melen ve Samsun Çarşamba Havalimanlarında aşağı yönlü bir değişim yaşanmıştır.

2023 yılında havalimanları arasında depremde en çok etkilenen Hatay Havalimanının TFV endeksinde ise %50'lik azalma meydana gelmiştir. 2024 yılında çift yönlü olarak havalimanının yeniden ulaşımına açılmasıyla birlikte performansın artacağı değerlendirilmektedir.

6.6. Orta Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular

6.6.1. Etkinlik sonuçları

Orta ölçekli havalimanları grubunda yıllık yolcu sayısı 1.000.000 ile 250.000 arasında olan 16 havalimanı yer almaktadır. Rize-Artvin Havalimanı 2022 yılında faaliyete geçtiği için yalnızca 2022 ve 2023 yılı analizlerine dâhil edilmiştir.

Bu çerçevede orta ölçekli havalimanlarının 2019-2023 yılları arasındaki girdiye yönelik CCR modeline ilişkin etkinlik sonuçları Çizelge 6.13'te verilmiştir.

Çizelge 6.13. Orta ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama
Erzurum	0,926	0,860	0,803	0,834	0,865	0,858
Ordu-Giresun	1,000	1,000	1,000	1,000	0,977	0,995
Konya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Elazığ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Malatya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Şanlıurfa Gap	0,738	0,739	0,912	0,878	1,000	0,853

Çizelge 6.13. (devam) Orta ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	0,668	0,925	1,000	0,904	0,677	0,835
Kars Harakani	0,612	0,833	0,860	0,793	0,570	0,734
Kapadokya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Batman	0,694	0,955	1,000	0,728	0,735	0,822
Denizli Çardak	0,910	0,871	0,680	0,644	0,535	0,728
Sivas Nuri Demirağ	0,607	0,595	0,655	0,503	0,471	0,566
Muş Sultan Alparslan	0,455	0,634	0,725	0,639	0,690	0,629
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931	0,986
Şırnak Şerafettin Elçi	0,871	0,962	1,000	0,987	1,000	0,964
Rize-Artvin	-	-	-	1,000	1,000	1,000

Orta ölçekli havalimanlarının etkinlik sonuçları incelendiğinde, Konya, Elazığ, Malatya ve Kapadokya Havalimanlarının 5 yıl süresince görelî tam etkin oldukları gözlemlenmiştir. Rize-Artvin Havalimanının ise faaliyete geçtikten sonra 2022 ve 2023 yıllarında tam etkin olduğu görülmektedir.

Tam etkinlik skoruna sahip 5 havalimanından sonra Ordu-Giresun, Erzincan Yıldırım Akbulut ve Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanları sırasıyla 0,995, 0,986 ve 0,964 ortalama etkinlik değerleriyle en yüksek etkinlik skorlu havalimanları arasında yer almaktadır. Bu havalimanlarının bazı yıllarda görelî tam etkinlik seviyesine ulaştığı bazı yıllarda ise 1'e çok yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Erzurum Havalimanı, orta ölçekli havalimanları grubu içerisinde en yüksek yolcu trafiği olan havalimanı olmasına rağmen 5 yıl içerisinde etkinlik değeri 1 seviyesine ulaşamamıştır. Ortalama etkinlik değeri 0,858 ile listenin ortalarında yer almaktadır. Erzurum Havalimanının analiz sonucu bizlere çıktı seviyelerinin en iyi olmasının bir KVB'nin etkin konumda olması için yeterli olmadığı, girdi seviyelerinin de etkin kullanılması gerektiği sonucunu göstermektedir.

Mardin Aziz Sancar Havalimanının 2021 yılında 1 etkinlik değerine ulaştığı ancak mevcut durumunu koruyamadığı ve en düşük performansını 0,677 etkinlik değeri ile 2023 yılında gösterdiği görülmektedir.

Şanlıurfa GAP havalimanının gözlem yılları içerisinde düzenli olarak etkinlik değerini artırdığı ve 2023 yılında tam etkinlik seviyesine geldiği, Denizli Çardak Havalimanının ise bu durumun aksine gözlem yılları içerisinde düzenli olarak etkinlik skorunda düşüş olduğu ve 2023 yılında 0,535 etkinlik değeri ile en düşük performansa sahip ikinci havalimanı olduğu değerlendirilmiştir.

0,566 ortalama etkinlik değeri ile grup içerisindeki en düşük performanslı havalimanı olan Sivas Nuri Demirağ Havalimanı 2023 yılında 0,471 etkinlik değeri ile en kötü yılını yaşamıştır. Bu durumun 2023 yılında hizmete açılan Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı ile yolcuların ulaşım modu tercihlerindeki değişikliklerden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Orta ölçekli havalimanları için hesaplanan girdiye yönelik BCC modeli etkinlik sonuçları Çizelge 6.14 ve ölçek etkinliği sonuçları Çizelge 6.15'te verilmektedir.

Çizelge 6.14. Orta ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023
Erzurum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ordu-Giresun	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Konya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Elazığ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Malatya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Şanlıurfa Gap	0,806	0,806	0,913	0,893	1,000
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	0,936	1,000	1,000	0,908	0,794
Kars Harakani	0,816	0,942	0,905	0,853	0,900
Kapadokya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 6.14. (devam) Orta ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023
Batman	0,978	1,000	1,000	0,897	0,962
Denizli Çardak	0,935	0,927	0,841	0,754	0,703
Sivas Nuri Demirağ	0,781	0,765	0,826	0,684	0,715
Muş Sultan Alparslan	0,840	0,821	0,866	0,879	0,885
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Şırnak Şerafettin Elçi	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Rize-Artvin	-	-	-	1,000	1,000

Çizelge 6.15. Orta ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ölçeğe Göre Getiri Durumu
Erzurum	0,926	0,860	0,803	0,834	0,865	Ölçeğe göre azalan
Ordu-Giresun	1,000	1,000	1,000	1,000	0,977	Ölçeğe göre azalan
Konya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Elazığ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Malatya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Şanlıurfa Gap	0,916	0,917	0,999	0,983	1,000	Ölçeğe göre sabit
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	0,713	0,925	1,000	0,995	0,853	Ölçeğe göre artan
Kars Harakani	0,750	0,884	0,950	0,930	0,633	Ölçeğe göre artan
Kapadokya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Batman	0,709	0,955	1,000	0,811	0,764	Ölçeğe göre artan
Denizli Çardak	0,973	0,940	0,809	0,854	0,760	Ölçeğe göre artan
Sivas Nuri Demirağ	0,777	0,778	0,793	0,735	0,659	Ölçeğe göre artan
Muş Sultan Alparslan	0,541	0,771	0,838	0,728	0,780	Ölçeğe göre artan
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931	Ölçeğe göre artan
Şırnak Şerafettin Elçi	0,871	0,962	1,000	0,987	1,000	Ölçeğe göre sabit
Rize-Artvin				1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit

Çizelgedeki sonuçlar incelendiğinde, 2019-2023 yılları arasında CCR modeline göre etkin durumda olmayan havalimanlarından Erzurum, Ordu- Giresun, Erzincan Yıldırım Akbulut ve Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanlarının BCC saf etkinlik değerlerinin 5 yıl boyunca 1 olduğu, toplam teknik etkinlik değerlerinin 1 olamamasının ise ölçek etkinliklerinden kaynaklandığı görülmektedir. Uygun ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermeleri ile birlikte toplam teknik etkinlik değerlerinin de 1 seviyesine gelmesi beklenmektedir.

Denizli Çardak, Sivas Nuri Demirağ ve Muş Sultan Alparslan Havalimanlarının toplam teknik etkinlik değerleri, hem saf teknik etkinlik hem de ölçek etkinliği değerlerindeki paralel artış ve azalışa bağlı olarak değişmektedir. 2023 yılında en düşük ölçek etkinliği değerine sahip havalimanı ise Kars Harakani Havalimanıdır.

Diğer taraftan Çizelge 6.14'te 2023 yılı verilerine göre havalimanlarının ölçeğe göre getiri durumu da incelenmiştir. Buna göre, Konya, Elazığ, Malatya, Şanlıurfa Gap Kapadokya, Şırnak Şerafettin Elçi, Rize-Artvin Havalimanları ölçeğe göre sabit getirili, Erzurum, Ordu-Giresun Havalimanlarının ölçeğe göre azalan getirili diğer havalimanlarının ise ölçeğe göre artan getirili durumlarının olduğu görülmektedir.

6.6.2. Referans grupların belirlenmesi

2023 yılı CCR modeline göre göreceli olarak etkin durumda olmayan havalimanlarının etkin duruma gelebilmeleri için kendilerine referans alacakları havalimanlarını gösterir tablo Çizelge 6.16'da görülmektedir.

Buna göre 2023 yılında referans alınabilecek göreceli tam etkin durumda olan 7 havalimanı bulunmaktadır. Tablo incelendiğinde etkin olmayan havalimanlarına en fazla referans olan havalimanı 9 referans sayısı ile Rize-Artvin Havalimanı'dır. Malatya Havalimanı 7 referans sayısı ile en çok referans olan ikinci havalimanı olmuştur.

Çizelge 6.16. Orta ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları

Havalimanları	Referans Kümeler ve Yüzdeleri			
Erzurum	Konya (0,072)	Malatya (1,128)	Kapadokya (0,043)	Rize-Artvin (0,130)
Ordu-Giresun	Konya (0,175)	Malatya (0,497)	Rize-Artvin (0,463)	
Konya	-			
Elazığ	-			
Malatya	-			
Şanlıurfa Gap	-			
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	Malatya (0,278)	Rize-Artvin (0,525)		
Kars Harakani	Konya (0,013)	Rize-Artvin (0,414)	Malatya (0,141)	
Kapadokya	-			
Batman	Malatya (0,431)	Rize-Artvin (0,228)		
Denizli Çardak	Konya (0,173)	Rize-Artvin (0,311)	Kapadokya (0,129)	
Sivas Nuri Demirağ	Konya (0,061)	Rize-Artvin (0,132)	Malatya (0,339)	
Muş Sultan Alparslan	Malatya (0,407)	Rize-Artvin (0,181)		
Erzincan Yıldırım Akbulut	Rize-Artvin (0,471)			
Şırnak Şerafettin Elçi	-			
Rize-Artvin	-			

Çizelgeye göre Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanı Rize Artvin Havalimanına %47 benzediğinde, Batman Havalimanı Malatya Havalimanına %43, Rize Artvin Havalimanına %23 benzediğinde göreceli tam etkin durumuna gelebilecektir.

2023 yılı CCR modeline göre etkin olmayan orta ölçekli havalimanları için hesaplanan girdi değişkenlerine yönelik hedeflenen değerler Çizelge 6.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.17. Orta ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri

Havalimanları	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri (TL)
Erzurum	4 975	5	173	197 237 690
Ordu-Giresun	7 569	4	137	166 094 230
Konya	8 665	4	188	204 370 000
Elazığ	4 955	4	127	196 480 000
Malatya	2 595	4	124	140 860 000
Şanlıurfa Gap	4 620	6	136	211 220 000
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	6 121	2	82	107 505 200
Kars Harakani	4 728	1	58	76 322 930
Kapadokya	2 015	3	169	154 610 000
Batman	3 467	2	74	90 449 620
Denizli Çardak	4 951	2	83	95 659 080
Sivas Nuri Demirağ	2 763	2	65	77 346 220
Muş Sultan Alparslan	2 920	2	67	80 911 430
Erzincan Yıldırım Akbulut	4 839	1	43	61 242 680
Şırnak Şerafettin Elçi	1 575	2	81	121 280 000
Rize-Artvin	10 278	2	91	130 090 000

Etkin olmayan havalimanlarının çizelgede yer alan hedef girdi değişkenlerine ulaşmasıyla etkin duruma gelebileceği değerlendirilmektedir. Örneğin, Erzurum Havalimanının görece tam etkin olabilmesi için yolcu terminal alanını 4.975 metrekareye, bagaj toplama kemer sayısını 5'e, havalimanında çalışan personel sayısını 173'e ve işletme giderlerini 197 milyon TL'ye düşürmesi gerekmektedir. Diğer havalimanları için de benzer yorumlar yapılabilir.

6.6.3. Malmquist endeksi sonuçları

Orta ölçekli havalimanlarına ait 2019-2023 yılı etkinlikleri hesaplandıktan sonra, çalışmanın bu bölümünde COVID-19 pandemisinin, havalimanlarının etkinliklerine olan etkisinin

görülebilmesi için Malmquist TFV endeksindeki değişim incelenecektir. Rize Artvin Havalimanı için yalnızca 2022-2023 yılı değişimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan DEAP 2.1 yazılımı ile orta ölçekli havalimanlarına ait TFV değişimleri hesaplanmış ve Çizelge 6.18’de 2019-2020 yılları arasındaki hesaplanan değişim değerleri paylaşılmıştır.

Çizelge 6.18. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Erzurum	0,929	0,626	0,582
Ordu-Giresun	1,000	0,519	0,519
Konya	1,000	0,577	0,577
Elazığ	1,000	0,677	0,677
Malatya	1,000	0,616	0,616
Şanlıurfa Gap	1,002	0,628	0,629
Mardin Prof. Dr. Aziz Sançar	1,385	0,487	0,674
Kars Harakani	1,362	0,563	0,767
Kapadokya	1,000	0,742	0,742
Batman	1,377	0,500	0,688
Denizli Çardak	0,958	0,573	0,549
Sivas Nuri Demirağ	0,981	0,596	0,584
Muş Sultan Alparslan	1,394	0,542	0,756
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	0,672	0,672
Şırnak Şerafettin Elçi	1,104	0,684	0,755
Ortalama	1,099	0,600	0,652

2020 yılı pandemi dönemi etkilerinin en çok hissedildiği ve hava ulaşımının ciddi şekilde sekteye uğradığı bir yıl olmuştur. 2019-2020 yılları arasında 15 havalimanının TFV endekslerinde ortalama %35 ‘lik bir azalış meydana gelmiştir. 2020 yılında TFV değerinde artış gözlemlenen havalimanı bulunmamaktadır.

Orta ölçekli havalimanları içerisinde pandeminin ilk yılında en az etkilenen ve performansı en az düşen havalimanı 0,767 TFV değeri ile Kars Harakani Havalimanı olup, bir önceki yıla göre 2020 yılında yalnızca TFV endeksi %13'lük bir düşüş gerçekleşmiştir. Teknik etkinlikteki değişim pozitif yönlü %36 iken teknolojik değişimin negatif yönlü %44 olması, bu duruma neden olmuştur.

Ordu-Giresun, Konya, Elazığ, Malatya, Kapadokya ve Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanlarında teknik etkinlikte herhangi bir değişim olmazken teknolojik değişim değeri doğrudan TFV değerine etki etmiştir.

Muş Sultan Alparslan, Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar ve Batman Havalimanlarının teknik etkinliklerinde yukarı yönlü artışlar gözlemlenirken teknolojik değişimleri aşağı yönlü olmuştur.

Bu grupta yer alan havalimanları içinde en düşük TFV endeksine sahip olan ve pandemiden en çok etkilenen havalimanı 0,519 değeri ile Ordu Giresun Havalimanı olmuştur. Denizli Çardak Havalimanı ise yine en çok etkilenen ikinci havalimanı olup TFV değerinde %44'lük bir düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 6.19'da orta ölçekli havalimanlarının 2020-2021 yılları arasındaki TFV değişimi verilmiştir.

Çizelge 6.19. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Erzurum	0,934	1,510	1,410
Ordu-Giresun	1,000	1,151	1,151
Konya	1,000	1,487	1,487
Elazığ	1,000	1,171	1,171
Malatya	1,000	1,305	1,305
Şanlıurfa Gap	1,234	1,148	1,416
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	1,081	1,107	1,197

Çizelge 6.19. (devam) 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Kars Harakani	1,033	1,056	1,090
Kapadokya	1,000	1,645	1,645
Batman	1,047	1,104	1,156
Denizli Çardak	0,781	1,277	0,997
Sivas Nuri Demirağ	1,101	1,127	1,240
Muş Sultan Alparslan	1,145	1,094	1,252
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	1,203	1,203
Şırnak Şerafettin Elçi	1,040	1,393	1,449
Ortalama	1,026	1,252	1,278

Çizelge incelendiğinde, 2020-2021 döneminde orta ölçekli havalimanları arasında Denizli Çardak Havalimanı hariç diğer 14 havalimanının TFV endekslerinde pozitif yönlü bir değişim sergilemiş olduğu görülmektedir. İlgili döneme ait TFV endekslerinin ortalaması 1,278 olup havalimanlarının pandeminin en yoğun hissedildiği 2020 yılına göre TFV endekslerini %28 artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Grup içerisindeki en yüksek performans artışı %65 ile Kapadokya Havalimanına ait olup, Konya ve Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanları ise %49 ve %45 TFV değerleriyle ikinci ve üçüncü sırada yer almışlardır.

Erzurum Havalimanı ise teknik etkinlikteki %7'lik düşüşe rağmen teknolojik durumunu %51 iyileştirerek 1,41 TFV değerine sahip olmuştur.

Bu dönemde en düşük TFV endeksine sahip Denizli Çardak Havalimanı ise teknolojik değişimini %28 artırmaya rağmen teknik etkinliğindeki %22'lik düşüş nedeniyle malmquist endeksini ileri taşıyamayan tek havalimanı olmuştur.

2021-2022 yılları arasında orta ölçekli havalimanlarının TFV değişimi Çizelge 6.20'de görülmektedir.

Çizelge 6.20. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Erzurum	1,042	1,051	1,095
Ordu-Giresun	1,000	1,030	1,030
Konya	1,000	1,243	1,243
Elazığ	1,000	1,193	1,193
Malatya	1,000	0,975	0,975
Şanlıurfa Gap	0,963	1,124	1,082
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	0,921	0,866	0,797
Kars Harakani	0,949	0,991	0,940
Kapadokya	1,000	0,873	0,873
Batman	0,728	0,890	0,648
Denizli Çardak	0,946	1,106	1,046
Sivas Nuri Demirağ	0,795	0,963	0,765
Muş Sultan Alparslan	0,881	0,977	0,861
Erzincan Yıldırım Akbulut	1,000	1,325	1,325
Şırnak Şerafettin Elçi	0,987	1,225	1,209
Ortalama	0,947	1,055	1,005

Orta ölçekli 15 havalimanının ortalama TFV endeksindeki değişim % 0,5 olarak gerçekleşmiş olup, ortalamada bir önceki döneme göre performansın çok değişmediği söylenebilir. Grupta yer alan 8 havalimanının bu dönemde TFV değeri artarken 7 havalimanında ise TFV değerinin azaldığı görülmektedir.

Bu dönemdeki en yüksek TFV artışı %32 ile Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanında gerçekleşmiştir. Erzincan Havalimanının teknik etkinliğinde herhangi bir değişim olmadığı, söz konusu artışın doğrudan teknolojik değişim kaynaklı olduğu söylenebilir.

Malmquist endeksinde en yüksek ikinci artışın yaşandığı Konya Havalimanında da TED değeri 1 iken TD değeri 1,243 olarak hesaplanmıştır. Elazığ ve Ordu Giresun

Havalimanlarında da benzer şekilde teknik etkinlik değişimi yaşanmazken teknolojik değişimler kaynaklı olarak TFV endekslerinde artış yaşanmıştır.

Şanlıurfa Gap ve Denizli Çardak Havalimanlarının teknik etkinlikleri negatif yönlü değişirken teknolojik değişimlerinde yaşanan pozitif değişim sayesinde TFV endeksleri sırasıyla %8 ve %5 artış göstermiştir.

2019-2023 yılları arasında 5 yıl süreyle görece etkin çıkan Kapadokya Havalimanı, 2021-2022 yılları arasında teknolojik değişimde hesaplanan %13'lük düşüş ile TFV endeksini artıramayan havalimanları arasında yer almıştır.

Malatya, Kars Harakani, Muş Sultan Alparslan, Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar, Sivas Nuri Demirağ ve Batman Havalimanlarının bu dönemde TFV endekslerinde azalma gerçekleşmiştir. Bahse konu havalimanlarının tamamında TFV'nin alt unsurları incelendiğinde hem teknik etkinlik değişiminin hem de teknolojik değişim değerlerinin 1'in altında kaldığı görülmektedir.

Batman Havalimanı 2021-2022 döneminde orta ölçekli havalimanları içerisinde en kötü performansa sahip havalimanı olmuştur. Teknik etkinlik performans %27, teknolojik değişimi %11 azalmış, bunun neticesinde de TFV değeri 0,648 olarak hesaplanmıştır.

Analizin son dönemi olan 2023 yılındaki TFV değişimi Çizelge 6.21'de verilmektedir.

Çizelge 6.21. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Erzurum	1,037	1,456	1,511
Ordu-Giresun	0,977	1,507	1,471
Konya	1,000	1,700	1,700
Elazığ	1,000	1,500	1,500
Malatya	1,000	1,389	1,389
Şanlıurfa Gap	1,139	1,397	1,590

Çizelge 6.21. (devam) 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	0,749	1,519	1,138
Kars Harakani	0,719	1,694	1,217
Kapadokya	1,000	1,190	1,190
Batman	1,010	1,297	1,310
Denizli Çardak	0,831	1,397	1,161
Sivas Nuri Demirağ	0,936	1,442	1,350
Muş Sultan Alparslan	1,080	1,312	1,417
Erzincan Yıldırım Akbulut	0,931	1,802	1,679
Şırnak Şerafettin Elçi	1,013	1,559	1,580
Rize-Artvin	1,000	1,535	1,535
Ortalama	0,964	1,481	1,421

Rize Artvin Havalimanının 2022 yılında açılmasıyla birlikte bu dönemdeki TFV analizi 16 havalimanı için yapılmıştır. 2022 yılına göre orta ölçekli havalimanlarının ortalama TFV endeksi 1,42 olarak hesaplanmıştır. Havalimanlarının tamamı TFV değerlerini pozitif yönlü değiştirerek performanslarını artırmışlardır.

En yüksek performansı sergileyen havalimanı %70 TFV değeri artışıyla Konya Havalimanı olmuştur. Teknik etkinlik performansı sabit kalırken bu artışın teknolojik değişim kaynaklı olduğu görülmektedir. Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanı %68 endeks artışıyla ikinci sırada yer almaktadır. Teknolojik değişimdeki en yüksek artışın %80 değeri ile bu havalimanında yaşandığı tespit edilmekle birlikte teknik etkinlikte gerçekleşen %7'lik düşüş nedeni ile TFV değeri nispeten düşük gerçekleşmiştir.

Rize Artvin Havalimanı açıldığı zamandan sonra iki yıl boyunca görece tam etkin çıkmış, ayrıca etkin olmayan havalimanlarına en çok referans olan havalimanı olmuştur. 2023 yılında da performansını artırarak %54 TFV endeksinde artış görülmüştür.

Bir önceki dönemin en kötü performansına sahip olan Batman Havalimanı, teknik etkinlik performansını %1, teknolojik değişim performansını %30 artırarak TFV endeksini %31 iyileştirmiştir.

Bu dönemde orta ölçekli havalimanları içerisinde en düşük TFV artışının yaşandığı havalimanı ise %14 ile Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar Havalimanı olmuştur.

Diğer taraftan teknik etkinlik değişiminin en kötü olduğu havalimanı Kars Harakani Havalimanıdır. 2022 yılına göre etkinliği %28 düşmüştür. Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar Havalimanı da %25 oranında teknik etkinlik performansını düşürmüştür.

6.7. Küçük Ölçekli Havalimanlarına İlişkin Bulgular

6.7.1. Etkinlik sonuçları

Yıllık yolcu sayısı 250.000'in altında olan 18 havalimanı küçük ölçekli havalimanı grubunda yer almıştır. Havalimanlarının 2019-2023 yılları arasındaki girdiye yönelik CCR modeline göre DEAP 2.1 yazılımıyla hesaplanan etkinlik sonuçları Çizelge 6.22'de verilmiştir.

Çizelge 6.22. Küçük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Balıkesir Koca Seyit	1,000	0,958	1,000	1,000	0,978	0,987
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Adıyaman	0,784	0,688	0,565	0,667	0,926	0,726
Kahramanmaraş	1,000	1,000	0,991	0,948	0,998	0,987
Çanakkale	0,636	0,730	0,596	0,952	0,769	0,737
Bingöl	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0,690	0,859	0,919	0,927	0,788	0,837
Bursa Yenişehir	0,701	0,620	0,766	0,772	0,735	0,719

Çizelge 6.22. (devam) Küçük ölçekli havalimanları için CCR modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama
Amasya Merzifon	1,000	1,000	1,000	0,957	0,930	0,977
Tokat	0,165	0,208	0,231	0,683	0,838	0,425
Isparta Süleyman Demirel	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sinop	0,801	0,623	0,584	0,544	0,391	0,589
Siirt	0,209	0,348	0,683	0,772	0,772	0,557
Kastamonu	0,403	0,456	0,323	0,298	0,329	0,362
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kocaeli Cengiz Topel	0,399	0,281	0,335	0,306	0,097	0,284
Uşak	0,699	0,908	0,627	0,616	0,575	0,685

Küçük ölçekli havalimanlarının etkinlik sonuçları incelendiğinde, Ağrı Ahmed-i Hani, Iğdır Şehit Bülent Aydın, Bingöl, Isparta Süleyman Demirel ve Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanlarının 5 yıl boyunca görece tam etkin oldukları gözlemlenmiştir.

Kahramanmaraş, Balıkesir Koca Seyit ve Amasya Merzifon Havalimanlarının ise analiz dönemi içerisinde bazı yıllar görece tam etkin oldukları bazı yıllar ise 1'e çok yakın etkinlik skoruna sahip oldukları görülmektedir. Kahramanmaraş ve Balıkesir Koca Seyit Havalimanlarının 0,987 iken Amasya Merzifon Havalimanının 5 yıllık ortalama etkinlik değeri 0,977 olmuştur.

Adıyaman Havalimanının 2019-2022 yılları arasında düşük etkinlik değerlerine sahip olduğu, 2023 yılında ise etkinlik değerini 0,926'ya yükselttiği görülmektedir. Adıyaman, 2023 yılında yaşanan deprem felaketinden en çok etkilenen illerimizden bir tanesidir. Deprem sonrasında şehre yardım malzemelerinin temini, vatandaşların güvenli bölgelere sevkisi amacıyla Adıyaman Havalimanının aktif olarak kullanıldığı bilinmekte ve bu durumun etkinlik skorunun artışına etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

Uşak Havalimanının ortalama etkinlik skoru 0,685 olarak hesaplanmış ve en yüksek etkinlik değerine 0,908 ile 2020 yılında ulaştığı görülmüştür.

Siirt Havalimanı 0,557 ortalama etkinlik değeri ile 5 yıllık dönemde en düşük etkinliğe sahip havalimanlarından birisi olmuştur. Ancak havalimanının 2019 yılındaki etkinlik değeri 0,209 olmasına rağmen 2023 yılında 0,772 seviyelerine kadar çıkmıştır.

Tokat Havalimanının yeni terminal binası, 2018 yılında başlanan çalışmaların 2022 yılında tamamlanmasıyla hizmete açılmıştır. Çizelgede görüleceği üzere 2022 yılından sonra havalimanının etkinlik değerleri ciddi artış göstermiş olup ve 2023 yılında 0,838 olarak hesaplanmıştır.

Kastamonu Havalimanı en düşük ortalama etkinlik değerine sahip ikinci havalimanıdır. Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı da 0,284 ortalama etkinlik değeri ile grup içerisindeki en düşük ortalama etkinlik değerine sahip havalimanı olmuştur. Havalimanı, 2023 yılı etkinlik skorundan anlaşılabileceği üzere 2023 yılında tarifeli uçuşlara kapatılmıştır. İstanbul'a karayolu ile ulaşımın daha kolay olması ve İstanbul-Ankara YHT hattının vatandaşlardan tarafından aktif olarak kullanılması nedenleriyle, önceki yıllarda da havalimanının düşük etkinlik skorlarına sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Küçük ölçekli havalimanları için hesaplanan girdiye yönelik BCC modeli etkinlik sonuçları Çizelge 6.23 ve ölçek etkinliği sonuçları Çizelge 6.24'te verilmektedir.

Çizelge 6.23. Küçük ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Balıkesir Koca Seyit	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Adıyaman	0,785	0,700	0,715	0,772	0,927
Kahramanmaraş	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çanakkale	0,731	0,767	0,730	0,953	0,792
Bingöl	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0,935	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 6.23. (devam) Küçük ölçekli havalimanları için BCC modeli sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023
Bursa Yenişehir	0,704	0,641	0,766	0,774	0,766
Amasya Merzifon	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Tokat	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Isparta Süleyman Demirel	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sinop	1,000	1,000	1,000	1,000	0,935
Siirt	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kastamonu	0,841	0,866	0,880	0,881	0,823
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kocaeli Cengiz Topel	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Uşak	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 6.24. Küçük ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ölçeğe göre getiri durumu
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Balıkesir Koca Seyit	1,000	0,958	1,000	1,000	0,978	Ölçeğe göre azalan
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Adıyaman	0,998	0,983	0,790	0,864	0,999	Ölçeğe göre azalan
Kahramanmaraş	1,000	1,000	0,991	0,948	0,998	Ölçeğe göre azalan
Çanakkale	0,870	0,951	0,816	0,998	0,970	Ölçeğe göre artan
Bingöl	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0,738	0,859	0,919	0,927	0,788	Ölçeğe göre artan
Bursa Yenişehir	0,997	0,967	1,000	0,997	0,960	Ölçeğe göre azalan
Amasya Merzifon	1,000	1,000	1,000	0,957	0,930	Ölçeğe göre artan
Tokat	0,165	0,208	0,231	0,683	0,838	Ölçeğe göre artan

Çizelge 6.24. (devam) Küçük ölçekli havalimanları için ölçek etkinliği sonuçları

Havalimanları	2019	2020	2021	2022	2023	Ölçeğe göre getiri durumu
Isparta Süleyman Demirel	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Sinop	0,801	0,623	0,584	0,544	0,418	Ölçeğe göre artan
Siirt	0,209	0,348	0,683	0,772	0,772	Ölçeğe göre artan
Kastamonu	0,479	0,527	0,367	0,338	0,400	Ölçeğe göre artan
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Ölçeğe göre sabit
Kocaeli Cengiz Topel	0,399	0,281	0,335	0,306	0,097	Ölçeğe göre artan
Uşak	0,699	0,908	0,627	0,616	0,575	Ölçeğe göre artan

Çizelgede yer alan etkinlik sonuçları incelendiğinde, tam etkin durumda olmayan havalimanlarından Balıkesir Koca Seyit, Kahramanmaraş, Amasya Merzifon, Tokat, Siirt, Kocaeli Cengiz Topel ve Uşak Havalimanlarının 5 yıl boyunca BCC saf teknik etkinlik değerlerinin 1 olduğu, toplam teknik etkinlik değerlerinin 1 olmamasının ölçek etkinliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

BCC modeline göre gruptaki en düşük etkinlik değerine sahip havalimanı Bursa olmuştur. Bursa Havalimanının ölçek etkinlik değerleri 1'e yakın iken saf teknik etkinlik kaynaklı olarak toplam teknik etkinlik değerinin 1 olamadığı görülmektedir.

Kastamonu Havalimanının ise saf teknik etkinlik değerlerinin toplam teknik etkinlik değerlerinden yüksek olduğu, 5 yıl boyunca 0.8'den yüksek BCC etkinlik skorlarına sahip olduğu ancak ölçek etkinliği değerlerinin önceki yıllarla benzer şekilde 2023 yılında 0,4 olması sebebiyle görece tam etkin olamadığı değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan Çizelge 6.23'de 2023 yılı verilerine göre havalimanlarının ölçeğe göre getiri durumu da incelenmiştir. Buna göre, Ağrı Ahmed-i Hani, Iğdır Şehit Bülent Aydın, Bingöl, Isparta Süleyman Demirel ve Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanları, ölçeğe göre sabit getirili, Balıkesir Koca Seyit, Adıyaman, Kahramanmaraş ve Bursa Yenişehir Havalimanının ölçeğe göre azalan getirili diğer havalimanlarının ise ölçeğe göre artan getirili durumlarının olduğu görülmektedir.

6.7.2. Referans grupların belirlenmesi

2023 yılı CCR modeline göre görelî olarak etkin durumda olmayan küçük havalimanlarının etkin duruma gelebilmeleri için kendilerine referans alacakları havalimanlarını gösteren tablo Çizelge 6.25'te görülmektedir.

Buna göre 2023 yılında referans alınabilecek görelî tam etkin durumda olan 5 havalimanı bulunmaktadır. Tablo incelendiğinde etkin olmayan havalimanlarına en fazla referans olan havalimanı 12 referans sayısı ile Iğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı'dır. Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı 10 referans sayısı ile en çok referans olan ikinci havalimanı olmuştur.

Çizelgeye göre Balıkesir Koca Seyit Havalimanının tam etkin duruma gelebilmesi için Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanına %74,8; Iğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanına ise %66,5 benzemesi gerekmektedir. 2023 yılı CCR modeline göre küçük ölçekli havalimanlarının etkin duruma gelebilmeleri için hedef almaları gereken girdi değişkenleri Çizelge 26'da verilmiştir.

Örneğin, Kahramanmaraş Havalimanının da etkin olabilmesi için yolcu terminal alanının 1.671 metrekare, bagaj toplama kemer sayısının 3, havalimanında çalışan personel sayısının 114 ve işletme giderlerinin 132 milyon TL olması gerekmektedir.

Çizelge 6.25. Küçük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları

Havalimanları	Referans Kümeler ve Yüzdeleri			
Ağrı Ahmed-i Hani	-			
Balıkesir Koca Seyit	Tekirdağ (0,748)	Çorlu	Atatürk	Iğdır Şehit Bülent Aydın(0,665)
Iğdır Şehit Bülent Aydın	-			
Adıyaman	Tekirdağ Çorlu Atatürk(0,060)			Iğdır Şehit Bülent Aydın(0,946)
Kahramanmaraş	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,242)	Tekirdağ	Çorlu	Atatürk (0,075) Bingöl (0,901)

Çizelge 6.25. (devam) Küçük ölçekli havalimanları için referans alınan havalimanları

Havalimanları	Referans Kümeler ve Yüzdeleri		
Çanakkale	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,167)	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,452)	
Bingöl	-		
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	Iğdır Şehit Bülent Aydın(0,531)	Ağrı Ahmed-i Hani(0,196)	
Bursa Yenişehir	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,558)	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,500)	
Amasya Merzifon	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,292)	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,144)	Bingöl (0,131)
Tokat	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,119)	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,004)	Bingöl (0,594)
Isparta Süleyman Demirel	-		
Sinop	Ağrı Ahmed-i Hani (0,097)	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,320)	
Siirt	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,278)		
Kastamonu	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,288)	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,056)	
Tekirdağ Çorlu Atatürk	-		
Kocaeli Cengiz Topel	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,033)	Iğdır Şehit Bülent Aydın (0,024)	
Uşak	Tekirdağ Çorlu Atatürk (0,209)		

Çizelge 6.26. Küçük ölçekli havalimanları için hedeflenen girdi değişkenleri

Havalimanları	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri (TL)
Ağrı Ahmed-i Hani	7985	4	77	121 910 000
Balıkesir Koca Seyit	2263	5	174	178 885 230
Iğdır Şehit Bülent Aydın	990	4	83	92 440 000
Adıyaman	1064	4	88	96 809 840
Kahramanmaraş	1671	3	114	132 515 560
Çanakkale	805	2	64	67 910 470
Bingöl	1410	2	91	109 200 000
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	2089	3	59	72 913 910
Bursa Yenişehir	1692	4	130	133 804 760
Amasya Merzifon	781	2	59	63 805 280
Tokat	964	2	65	76 502 290
Isparta Süleyman Demirel	2540	4	164	153 670 000
Sinop	1093	2	34	41 420 960
Siirt	275	1	23	25 673 260
Kastamonu	404	1	33	35 299 410
Tekirdağ Çorlu Atatürk	2145	3	159	156 960 000
Kocaeli Cengiz Topel	94	1	7	7 383 420
Uşak	448	1	33	32 796 850

6.7.3. Malmquist endeksi sonuçları

Küçük ölçekli havalimanlarına ait 2019-2023 yılı etkinlikleri hesaplandıktan sonra, çalışmanın bu bölümünde COVID-19 pandemisinin, havalimanlarının etkinliklerine olan etkisinin görülebilmesi için Malmquist TFV endeksindeki değişim incelenecektir. Çalışma kapsamında kullanılan DEAP 2.1 yazılımı ile küçük ölçekli havalimanlarına ait TFV

değişimleri hesaplanmış ve Çizelge 6.27’de 2019-2020 yılları arasındaki hesaplanan değişim değerleri paylaşılmıştır.

Çizelge 6.27. 2019 ve 2020 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	0,731	0,731
Balıkesir Koca Seyit	0,958	0,559	0,535
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	0,584	0,584
Adıyaman	0,877	0,635	0,557
Kahramanmaraş	1,000	0,659	0,659
Çanakkale	1,147	0,610	0,700
Bingöl	1,000	0,614	0,614
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	1,246	0,661	0,824
Bursa Yenişehir	0,884	0,670	0,592
Amasya Merzifon	1,000	0,571	0,571
Tokat	1,261	0,737	0,929
Isparta Süleyman Demirel	1,000	0,728	0,728
Sinop	0,778	0,780	0,606
Siirt	1,662	0,595	0,990
Kastamonu	1,132	0,707	0,801
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	0,831	0,831
Kocaeli Cengiz Topel	0,703	0,656	0,461
Uşak	1,299	0,702	0,912
Ortalama	1,053	0,668	0,701

2020 yılı pandemi dönemi önlemlerinin sıkı bir şekilde uygulandığı ve hava ulaşımının bu durumdan ciddi şekilde etkilendiği bir yıl olmuştur. 2019-2020 yılları arasında 18 havalimanının TFV endekslerinde ortalama %30 ‘luk bir azalış meydana gelmiştir. 2020 yılında TFV değerinde artış gözlemlenen havalimanı bulunmamaktadır.

Büyük ölçekli havalimanları ve orta ölçekli havalimanlarının 2019-2020 TFV endekslerindeki değişim önceki bölümlerde incelenmişti. Buna göre 2020 yılında pandemiden en az etkilenen grubun küçük ölçekli havalimanları olduğu söylenebilir.

Küçük ölçekli havalimanları içerisinde 2020 yılında performansı en az değişen ve TFV endeksi en az düşen havalimanı 0,99 TFV değeri ile Siirt Havalimanı olup, bir önceki yıla göre TFV endeksinde yalnızca %1'lik bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu dönemde Siirt Havalimanının teknolojik değişimi %41 azalmışken teknik etkinlik değişimi %66 artış göstermiştir.

Ağrı Ahmed-i Hani, Iğdır Şehit Bülent Aydın, Bingöl, Isparta Süleyman Demirel, Tekirdağ Çorlu Atatürk, Kahramanmaraş ve Amasya Merzifon Havalimanlarında teknik etkinlikte herhangi bir değişim olmazken teknolojik değişim değeri doğrudan TFV değerine etki etmiştir.

Sinop, Bursa Yenişehir, Adıyaman, Balıkesir Koca Seyit ve Kocaeli Cengiz Topel Havalimanlarının hem teknolojik değişimleri hem de teknik etkinlik değişimleri negatif yönlü olmuştur.

Balıkesir Havalimanı 0,535 TFV endeksi değeri ile pandemiden en çok etkilenen ikinci havalimanı olmuştur. Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı küçük ölçekli havalimanları içerisinde 2019 yılına göre 2020 yılında performansı en çok kötüleşen havalimanıdır. Malmquist endeksi %54 azalmıştır. Teknik etkinlik performansı %30 kötüleşirken teknolojik değişimi negatif yönlü %35 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 6.28'de küçük ölçekli havalimanlarının 2020-2021 yılları arasındaki TFV değişimi verilmiştir.

Çizelge 6.28. 2020 ve 2021 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,130	1,130
Balıkesir Koca Seyit	1,044	1,159	1,210
İğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,350	1,350
Adıyaman	0,822	1,172	0,963
Kahramanmaraş	0,991	1,194	1,182
Çanakkale	0,817	1,139	0,930
Bingöl	1,000	1,237	1,237
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	1,069	1,336	1,429
Bursa Yenişehir	1,235	0,918	1,135
Amasya Merzifon	1,000	1,158	1,158
Tokat	1,109	1,016	1,126
Isparta Süleyman Demirel	1,000	1,027	1,027
Sinop	0,938	1,239	1,162
Siirt	1,965	1,058	2,078
Kastamonu	0,709	1,294	0,918
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	0,953	0,953
Kocaeli Cengiz Topel	1,194	0,930	1,111
Uşak	0,691	1,147	0,792
Ortalama	1,032	1,137	1,161

Çizelge incelendiğinde, 2020-2021 döneminde küçük ölçekli havalimanlarından bazılarının artış gözlemlenirken bazılarında TFV endekslerinde azalış durumu söz konusu olmuştur. İlgili döneme ait TFV endekslerinin ortalaması 1,161 olup havalimanlarının pandeminin en yoğun hissedildiği 2020 yılına göre TFV endekslerini %16 artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Büyük ve orta ölçekli havalimanlarına göre pandemiden nispeten daha az etkilendiği değerlendirilen küçük havalimanlarının, pandemi sonrasında TFV endekslerinde artış büyük ve orta ölçekli havalimanları grubuna göre daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir.

Siirt Havalimanı 2019-2020 döneminde performansı en az değişen havalimanı iken bu olumlu gidişatını 2021 yılında da sürdürerek %108 TFV değerindeki artışla grup içerisindeki en iyi performansı gösteren havalimanı olmuştur.

Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi Havalimanının TFV endeksinde %43'lük artış meydana gelmiştir. İkinci en iyi performansı gösteren havalimanının, %34 oranında teknolojik değişimini %7 oranında teknik etkinlik değişimini pozitif yönlü artırdığı gözlemlenmiştir.

Ağrı Ahmed-i Hani, Iğdır Şehit Bülent Aydın, Bingöl, Isparta Süleyman Demirel ve Amasya Merzifon Havalimanlarının teknik etkinlik değişim değerleri 1 olarak hesaplanmıştır. Anılan havalimanlarının tamamında teknolojik değişim değerleri 1'in üzerinde çıkarak TFV endeksleri önceki döneme göre pozitif bir gelişme göstermiştir.

Adıyaman, Tekirdağ Çorlu Atatürk, Çanakkale, Kastamonu ve Uşak Havalimanları ise 2020-2021 döneminde TFV endeksinde düşüşün olduğu havalimanları olarak çizelgede yer almaktadır. Bu havalimanlarında teknolojik değişimleri iyileşmesine rağmen Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı haricindeki havalimanlarında teknik etkinliğin 1'den küçük olması sebebiyle TFV endeksleri negatif yönlü değişmiştir.

Uşak Havalimanı bu dönemde küçük ölçekli havalimanları arasında TFV endeksinde en çok kayıp yaşayan havalimanı olmuştur. Teknolojik değişimin %15 iyileşmesine rağmen teknik etkinliğin %31 kötüleşmesi sebebiyle TFV değeri 0,792 olarak hesaplanmıştır.

2021-2022 yılları arasındaki küçük ölçekli havalimanlarının TFV ve alt unsurlarındaki değişimi Çizelge 6.29'da görebilmekteyiz.

Çizelge 6.29. 2021 ve 2022 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,042	1,042
Balıkesir Koca Seyit	1,000	0,942	0,942
İğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,003	1,003
Adıyaman	1,180	1,051	1,241
Kahramanmaraş	0,957	1,278	1,222
Çanakkale	1,596	0,917	1,464
Bingöl	1,000	1,136	1,136
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	1,009	1,347	1,359
Bursa Yenişehir	1,007	1,257	1,266
Amasya Merzifon	0,957	1,197	1,146
Tokat	2,957	1,127	3,334
Isparta Süleyman Demirel	1,000	0,969	0,969
Sinop	0,931	1,212	1,129
Siirt	1,130	1,469	1,661
Kastamonu	0,920	1,327	1,221
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	1,270	1,270
Kocaeli Cengiz Topel	0,915	1,292	1,182
Uşak	0,982	1,157	1,136
Ortalama	1,141	1,166	1,318

Çizelgeye göre, 18 küçük ölçekli havalimanı için 2021-2022 yılları arasında ortalama TFV değişiminin 1,318 olduğu görülmektedir. Genel performansın %32 iyileştiği ancak yalnızca 2 havalimanının bu dönemdeki TFV endekslerinin 1'in altında kaldığı gözlemlenmiştir. TFV endeksindeki bu artışın %14 oranında teknik etkinlik değişiminden %16 oranında teknolojik değişimden kaynaklandığı görülmektedir.

Ayrıca bir önceki dönem olan 2020-2021 döneminde küçük ölçekli havalimanlarının ortalama TFV değeri büyük ve küçük ölçekli havalimanlarının gerisinde kalmış iken 2021-

2022 döneminde büyük ve orta ölçekli havalimanlarına göre ortalama TFV değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda pandemi sonrasında trafiğin yüksek olduğu havalimanlarında daha hızlı toparlanmaların olduğu, yoğunluğun düşük olduğu havalimanlarında ise toparlanmaların daha sonraki yıllarda gerçekleştiği değerlendirilebilir.

En yüksek TFV endeksinde artış %233 ile Tokat Havalimanında gerçekleşmiştir. %295 teknik etkinlikten ve %13 teknolojik değişimden kaynaklanan bu endeks artışında, 2022 yılında açılan yeni terminal binasının katkısının olduğu düşünülmektedir.

Bir önceki dönemde grup içerisindeki en iyi performansını gösteren Siirt Havalimanı 1,661 TFV değeri ile ikinci sırada yer almaktadır. %47 oranında teknolojik değişimin artış gösterdiği Siirt Havalimanında gruptaki en yüksek teknolojik değişim değeri görülmektedir. Isparta Süleyman Demirel ve Balıkesir Koca Seyit Havalimanları 2021-2022 döneminde TFV değeri düşen ve performansı iyileşmeyen 2 havalimanı olmuşlardır. Her iki havalimanının da teknik etkinlikleri 1 değerini alarak değişim göstermezken teknolojik değişimleri sırasıyla %3 ve %6 azalmıştır. Böylelikle TFV değişimi de aynı oranlarda negatif yönlü olmuştur.

Çizelge 6.30. 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFV değişimi

Havalimanları	TED	TD	TFVD
Ağrı Ahmed-i Hani	1,000	1,722	1,722
Balıkesir Koca Seyit	0,978	1,144	1,119
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1,000	1,677	1,677
Adıyaman	1,389	1,520	2,111
Kahramanmaraş	1,053	1,683	1,772
Çanakkale	0,808	1,493	1,206
Bingöl	1,000	1,679	1,679
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0,850	2,218	1,886
Bursa Yenişehir	0,952	1,085	1,033

Çizelge 6.30. (devam) 2022 ve 2023 Yılları arasındaki TFF değışimi

Amasya Merzifon	0,972	2,141	2,080
Tokat	1,227	1,612	1,978
Isparta Süleyman Demirel	1,000	0,909	0,909
Sinop	0,719	2,076	1,493
Siirt	1,000	2,122	2,123
Kastamonu	1,107	1,909	2,112
Tekirdağ Çorlu Atatürk	1,000	1,477	1,477
Kocaeli Cengiz Topel	0,317	2,030	0,644
Uşak	0,933	1,032	0,963
Ortalama	0,961	1,641	1,555

Küçük ölçekli havalimanlarının 2022-2023 yılı toplam faktör verimliliği endekslerindeki değışim Çizelge 6.30’da verilmiştir. 2023 yılında 18 havalimanının TFF endeksleri ortalama %55 artış göstermiştir. Genel olarak teknik etkinlikleri %4 azalmasına rağmen teknolojik değışimin %64 artması bu duruma neden olmuştur. Uşak, Isparta Süleyman Demirel ve Kocaeli Cengiz Topel Havalimanları dışında kalan 15 havalimanının bu dönemde TFF endekslerinde artış gerçekleşmiştir.

2023 yılında performansından en çok iyileşme görülen Siirt Havalimanı olmuştur. Önceki yıllardaki performans artışını sürdüren havalimanı, %112 oranında TFF endeksini iyileştirmiştir. Siirt Havalimanı analiz dönemi boyunca 5 yıl süreyle görece tam etkin duruma gelememiş ancak her geçen yıl performansını artırmıştır.

Kastamonu Havalimanı da toplam teknik etkinlik değerleri yıllar itibarıyla çok düşük olmasına rağmen 2023 yılında TFF endeksini en çok iyileştiren ikinci havalimanı olmuştur. %111 oranından gerçekleşen TFF artışında %11 teknik etkinlik değışimi etkili olmuşken %91 teknolojik değışim etkili olmuştur.

Deprem felaketi sonrası yardım malzemelerinin deprem bölgelerine iletilmesi için sıkça kullanılan havalimanlarından olan Adıyaman Havalimanı da önceki yıla göre performansını bir hayli artırarak %111 oranında TFV endeksini iyileştirmiştir.

Amasya Merzifon, Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi, Sinop, Çanakkale, Balıkesir Koca Seyit ve Bursa Yenişehir Havalimanlarında teknik etkinlik değerleri 2022 yılına göre azalırken teknolojik değişimlerinin pozitif yönlü olması sayesinde TFV değerlerini artırmışlardır.

2023 yılında en kötü performansı gösteren havalimanı % 36 TFV endeksindeki kayıp ile Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı olmuştur. TFV'nin alt unsurlarına bakıldığında, teknolojik değişimdeki iyileşmenin %103 olduğu görülürken teknik etkinliğin %68 azaldığı görülmektedir.

Büyük ve orta ölçekli havalimanlarının 2023 yılı performanslarıyla kıyaslandığında küçük havalimanlarındaki TFV artışının daha yüksek olduğu pandemi sonrasında da artık küçük bölgelerde hava ulaşımı kullanımının yaygınlaştığı değerlendirilmektedir.

7. SONUÇ

Türkiye’deki faaliyet gösteren 48 havalimanının 2019-2023 yılları arasındaki etkinliklerini VZA ile analiz etmek ve COVID-19 pandemisinin havalimanlarına etkisini Malmquist TFV endeksiyle değerlendirmek amacıyla bu tez çalışması hazırlanmıştır.

Analiz öncesinde karar verme birimleri, homojenliği sağlamak ve etkinlik sonuçlarını daha anlamlı kılmak amacıyla yıllık yolcu trafiği verilerine göre büyük, orta ve küçük ölçekli havalimanları olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Analizde kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri literatürde daha önce kullanılan değişkenler dikkate alınarak DHMİ uzman görüşüyle oluşturulmuştur. Buna göre; yolcu terminal alanı büyüklüğü, bagaj konveyör sayısı, personel sayısı ve işletme gideri girdi değişkenleri olarak; yolcu trafiği, uçak trafiği ve işletme gelirleri çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir.

VZA modellerinden hem CCR hem BCC modeline göre etkinlik ölçümü yapılarak havalimanlarının ölçek etkinliğine yönelik de değerlendirilmeler yapılmıştır. 2019-2023 yılları arasında her yıl için ayrı etkinlik analizi yapılmış ve her grup için sonuçlar ayrı başlık altında yorumlanmıştır. Havalimanları için kurulan matematiksel modelin çözümünü yapabilmek için DEAP 2.1. yazılımı kullanılmıştır.

Büyük ölçekli havalimanları için yapılan analizde, İstanbul, Antalya, Ankara Esenboğa, Adana, Gaziantep, Kayseri ve Samsun Çarşamba Havalimanlarının 5 yıl boyunca göreceli etkinlik skorunun 1 olduğu gözlemlenmiştir. En düşük etkinlik seviyeleri Hatay Havalimanında tespit edilmiş olup, 2023 yılında deprem felaketi kaynaklı olduğu düşünülen 0,274 toplam etkinlik skoru hesaplanmıştır. Trabzon, Van Ferit Melen, Samsun Çarşamba ve Hatay Havalimanlarının saf teknik etkinlik skorları 5 süreyle 1 değerini almışken ölçek etkinlik kaynaklı olarak toplam etkinliklerinin 1 olamadığı görülmüştür. Diğer taraftan 2023 yılı CCR modeline göre büyük ölçekli havalimanlarından etkin durumda olmayanlar için referans kümeler oluşturularak hedef girdi değişken değerleri verilmiştir. Adana Havalimanı 5 referans ile en çok referans olan havalimanı olmuştur.

Pandemi öncesi ve sonrası havalimanlarının durumunu analiz edebilmek amacıyla, Malmquist TFV endeksindeki değişim incelenmiştir. 2020 yılında TFV değerinde en fazla

düşüş %65’lik bir kayıp ile Türkiye’nin en işlek ikinci havalimanı olan Antalya Havalimanında gerçekleşmiştir. Van Ferit Melen Havalimanı ise %13’lük performans kaybı ile pandeminin ilk yılından en az etkilenen havalimanı olmuştur.

Pandemin en yoğun hissedildiği 2020 yılında %42 ortalama TFV endeksinde kayıp olan büyük ölçekli havalimanlarının 2021 yılında ortalama malmquist endeksleri %35, 2022 yılında %4 ve %2023 yılında %5 artış göstermiştir.

Orta ölçekli havalimanları için yapılan analizde, Konya, Elazığ, Malatya ve Kapadokya Havalimanlarının 5 yıl süresince görece tam etkin oldukları gözlemlenmiştir. Rize-Artvin Havalimanının ise faaliyete geçtikten sonra 2022 ve 2023 yıllarında etkinlik skorunun 1 olduğu görülmüştür. Erzurum Havalimanı, orta ölçekli havalimanları grubu içerisinde en yüksek yolcu trafiği olan havalimanı olmasına rağmen 5 yıl içerisinde etkinlik değeri 1 seviyesine ulaşamamıştır. Bu durum, etkin durumun yalnızca çıktı seviyeleri ile alakalı değil girdi seviyeleri ile de doğrudan alakalı olduğu sonucunu göstermiştir. Grup içerisindeki en düşük ortalama etkinlik seviyesine sahip Sivas Nuri Demirağ Havalimanının 2023 yılında 0,471 etkinlik değeri ile en kötü yılını yaşadığı, bu durumun 2023 yılında hizmete açılan Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı ile yolcuların havayolu ulaşımına olan talebinin azalmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. Referans küme analizinde, etkin olmayan havalimanlarına en fazla referans olan havalimanının 9 referans sayısı ile Rize-Artvin Havalimanı olduğu görülmüştür.

Orta ölçekli havalimanları içerisinde pandeminin ilk yılında en az etkilenen ve performansı en az düşen havalimanı Kars Harakani Havalimanı olup, bir önceki yıla göre 2020 yılında yalnızca TFV endeksi %13’lük bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu grupta yer alan havalimanları içinde en düşük TFV endeksine sahip olan ve pandemiden en çok etkilenen havalimanı %48 TFV endeksindeki düşüş ile Ordu Giresun Havalimanı olmuştur. Genel grup ortalamasına bakıldığında ise grubun 2020 yılında TFV endeksi %35 düşmüşken, 2021 yılında %28, 2022 yılında %1, 2023 yılında %42 artış göstermiştir.

Küçük ölçekli havalimanları için yapılan etkinlik analizinde, Ağrı Ahmed-i Hani, Iğdır Şehit Bülent Aydın, Bingöl, Isparta Süleyman Demirel ve Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanlarının 5 yıl boyunca görece tam etkin oldukları gözlemlenmiştir. Adıyaman Havalimanının analiz ilk yıllarında düşük olan etkinlik skorunun 2023 yılında 0,926’ya

çıktığı, deprem felaketi sonrasında insani yardım malzemelerinin taşınması ve vatandaşların güvenli bölgelere sevki amacıyla, yoğun olarak havalimanının kullanılması bu duruma etki ettiği değerlendirilmektedir. Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı ise 0,284 ortalama etkinlik değeri ile listenin en sonunda yer almıştır. Referans küme analizinde, etkin olmayan havalimanlarına en fazla referans olan havalimanının 12 referans sayısı ile Iğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı olduğu görülmüştür.

Küçük ölçekli havalimanları için TFV endeksindeki değişim incelendiğinde, ortalama TFV değerinin 2020 yılında %30 azaldığı, 2021 yılında ise %16 artış gösterdiği ve bu artışın 2022 yılında %32, 2023 yılında %55 oranlarında devam ettiği tespit edilmiştir. Buna göre her grup için hesaplanan ortalama TFV değişimi Çizelge 7.1’ de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Havalimanlarının ortalama TFV değişimi

	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	Ortalama
Büyük ölçekli havalimanları	0,576	1,351	1,042	1,050	1,005
Orta ölçekli havalimanları	0,652	1,278	1,005	1,421	1,089
Küçük ölçekli havalimanları	0,701	1,161	1,318	1,555	1,184

Çizelge 7.1 incelendiğinde, büyük ölçekli havalimanlarının pandemiden en fazla etkilenen grup olduğu, ölçek büyüklüğü azaldıkça pandemi etkisinin de azaldığı görülmektedir. 2021 yılında toparlanma ile birlikte en çok performans artışının yine büyük ölçekli havalimanları grubunda olduğu, küçük ölçekli havalimanlarında ise performans değişiminin en az olduğu gözlemlenmiştir. Büyük ölçekli havalimanlarının TFV artışı sonraki yıllar daha durağan ilerlemişken, orta ölçekli havalimanlarında 2023 yılında en yüksek TFV artışı görülmüştür. Küçük ölçekli havalimanlarında da benzer şekilde 2023 yılında en iyi performans artışı yaşanmıştır. Her grubun 5 yıllık ortalamasına bakıldığında ise, 2019 yılından sonra büyük ölçekli havalimanları genel TFV performansını %0,5; orta ölçekli havalimanları %9; küçük ölçekli havalimanları ise %18 artırmışlardır.

Havalimanlarının etkinlik sonuçlarına yönelik unutulmaması gereken bir nokta, havalimanının tam etkin olması, performans açısından olması gereken noktada olduğu anlamına gelmemekte, bütün havalimanları içerisinde en iyi durumda olduğu anlamına

gelmekte, benzer şekilde, etkinliği en düşük olan havalimanının da çok kötü durumda olduğu anlamı çıkmamaktadır.

Gelişmiş ölkelerde geleneksel havalimanları yönetimleri yerini ticari işletme yönetimine bırakmaya başlamıştır. Türkiye’de de DHMİ, son yıllarda bu yöne doğru çalışmalarını yoğunlaştırmış durumdadır. Yapılan analiz sonucuna göre etkin çıkmayan havalimanlarının yetkili otoritelerine ve yöneticilerine şu öneriler sunulabilir.

Büyüme stratejilerine ilişkin öneriler

- Havalimanını kullanan hava yolu işletmeleri ile anlaşmalar yaparak toplam uçuş sayısı, toplam yolcu sayısı gibi çıktı değişkenleri artırılabilir, sektöre yeni aktörlerin girişleri desteklenebilir,
- Bölgesel havayolu taşımacılığın yaygınlaştırılması konusu stratejik plan ve programlara dahil edilebilir.

Finansal stratejilere ilişkin öneriler

- Havalimanlarının işletme giderlerinin azaltılmasına yönelik tasarruf çalışmaları yürütülebilir.

Operasyonel stratejilere ilişkin öneriler

- Havalimanlarının var olan kapasiteleri artırılmadan önce çıktı değişkenlerinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir,
- Havalimanlarında çalışan personelin iş yükü analizleri yapılmalı, norm kadro çalışmaları yürütülmeli ve yeni personel alımında analiz sonuçları dikkate alınmalıdır,
- Havalimanlarına şehir merkeziyle ulaşımın kolaylaştırılması ile ilgili projeler hazırlanabilir,
- Havalimanlarında bekleme süresinin azaltılması ve uçuş şartlarının iyileştirilmesi gibi konularda ilgili havayolu işletmeleri ve yer hizmeti işletmeleri ile ortak çalışmalar yürütülebilir.

Çalışma kapsamında 2023 yılı CCR modeline göre her gruba ait hedef girdi değişkenleri verilmiştir. Bu hedef değerlerin, kaynakların etkin kullanımını teminen sonraki stratejik karar alma süreçlerinde yöneticilere yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışma ile birlikte büyük ölçekli havalimanlarının, doğal afet ve salgın gibi mücbir sebep durumlarında orta ve küçük ölçekli havalimanlarına göre daha fazla etkilendiği, ölçek büyüklüğü azaldıkça etki boyutunun da azaldığı görülmüş ve bu çerçevede Türkiye'deki havalimanlarının pandemi dönemindeki etkinliklerinin değerlendirilmesine yönelik literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Gelecek akademik çalışmalarda, iç-dış hat ayrımı yapılarak etkinlik analizlerinin yapılabileceği, bölgelere ve mevsimlere göre etkinlik analizlerinin çeşitlendirilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca yapılan çalışma ile yalnız ülkemizde yer alan havalimanları birbirleri ile kıyaslanmış Dünya'daki havalimanları arasında hangi konumdayız, performansımız nerede, etkinlik sıralamamız nasıl gibi sorulara yanıt verebilmek için ülkemizdeki havalimanları ile uluslararası diğer havalimanlarını kıyaslamak amacıyla ülke bazlı havayolu taşımacılığına yönelik analizlerin yürütülebileceği değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- Ahn, Y., Min, H. (2014). Evaluating the multi-period operating efficiency of international airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index. *Journal of Air Transport Management*, (39), 12-22.
- Akal, Z.(2000). *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi* (Dördüncü Baskı). Türkiye: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 1.
- Aktaş, H. (2001). İşletme performansının ölçümünde veri zarflama analizi yaklaşımı. *Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 7(1), 163-175.
- Alnıpak, S., Apak, S. (2021). COVID 19'un Türk havalimanlarının verimliliğine tahmini etkisi: malmquist toplam faktör verimlilik endeksi uygulaması. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (23)2, 911-928.
- Boussofiane, A., Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, (52), 1-15.
- Banker, R.D., Charnes, A.ve Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating thecnicaland scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Sciences*, (30), 1078-1092.
- Carlucci,F., Cira, A., Coccorese, P.(2018). Measuring and explaining airport efficiency and sustainability: evidence from Italy. *Sustainability*, (10), 400.
- Charnes, A., Cooper, W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, (2), 429-444.
- Chaouk, M., Pagliari, R., Moxon, R. (2020). The impact of national macro-environment exogenous variables on airport efficiency. *Journal of Air Transport Management*, (82).
- Chi-Lok,A., Zhang, A.(2009). Effects of competition and policy changes on Chinese airport productivity: An empirical investigation. *Journal of Air Transport Management*, 15,166-174.
- Chutiphongdech,T., Vongsaroj,R. (2022). Technical efficiency and productivity change analysis: A case study of the regional and local airports in Thailand. *Case Studies on Transport Policy*, (10), 870-890.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. ve Zhu, J. (2011). *Data Envelopment Analysis History, Models and Interpretations*.
- Deliktaş, E. (2002). Türkiye özel sektör imalat sanayiinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi METU Studies in Development*, 29(3-4), 247-284.
- Depren, Ö. (2008). *Veri zarflama analizi ve bir uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2023). *Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2022*.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2023). *2022 Havayolu Sektör Raporu*.
- Ersoy, Y., Performance evaluation of airports during the covid-19 pandemic. *The Polish Journal Of Economics*, 4(308), 23-53.
- Eurocontrol. (2022). *Eurocontrol Forecast Update 2022-2028*, 13.
- Eurocontrol. (2023). *The Network Operations Report 2023*, 17.
- Farrell, M., J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Fragoudaki, A., Giokas, D.(2020). Airport efficiency in the dawn of privatization: The case of Greece. *Journal of Air Transport Management*, (86), 1-14.
- Golany B. ve Yu G. (1997). Estimating returns to scale in DEA. *European Journal of Operational Research*. (103), 28-37.
- Golany, B., Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, (17), 237-250.
- Hazine ve Maliye Bakanlığı. (2023). *2022 Kamu İşletmeleri Raporu*, 68-79.
- International Air Transport Association. (2020). *Annual review 2020*. 18-23.
- Karanki, F., Bilotkach, V. (2023). Capacity utilization of U.S. airports: a data envelopment analysis. *Transportation Research*, (177), 1-15.
- Kasap, Y. (2008). *Türkiye kömür madenciliğinde etkinlik ve verimlilik gelişimi: veri zarflama analizi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kaynar, O., Zontul, M., Bircan, H. (2005). Veri zarflama analizi ile OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörlerinin etkinliğinin ölçülmesi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, (6)1, 37-57.
- Koçak, H., Çilingirtürk, A. (2011). AB ülkeleri ve aday ülkelerin kaynak kullanımında etkinliklerinin karşılaştırmalı analizi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, (40), 166-175.
- Köçken, K., Timor, M., Karakaplan, M. U. (2022). COVID-19 pandemisi öncesinde ve pandemi döneminde Türkiye'deki havalimanı etkinliklerinin üç aşamalı veri zarflama analizi ile belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 643-652.
- Kök, R. ve Deliktaş, E. (2003). *Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri*. Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Yayını, 43.

- Li, X., Reeves, G. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, (115), 507-517.
- Merkert,R., Assaf, A.G. (2015). Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports. *Transportation Research*, (75), 42-50 .
- Mirzapour, A. (2014). *Veri Zarflama Analizinde Yeni Karar Destek Sistemi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 12.
- Nicola, A.D., Gitto, S., Mancuso, P. (2013). Airport quality and productivity changes: A Malmquist index decomposition assessment. *Transportation Research*, 58, 67-75.
- Olariaga, O.D., Moreno, L.P. (2019). Measurement of airport efficiency the case of Colombia. *Transport and Telecommunication*, (20), 40-51.
- Oruç, K.O. (2008). *Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Örkcü, H.H., Balıkcı, C., Doğan, M.İ., Genç, A. (2016). An evaluation of the operational efficiency of Turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index: 2009–2014 case. *Transport Policy*, (48), 92-104.
- Özsoy, V.S., Örkcü, H.H. (2021). Structural and operational management of Turkish airports: a bootstrap data envelopment analysis of efficiency. *Utilities Policy*, (69), 1-15.
- Preira, D., Mello, J.(2021). Efficiency evaluation of Brazilian airlines operations considering the Covid-19 outbreak. *Journal of Air Transport Management*, (91), 1-6.
- Prokopenko, J.(1987). *Verimlilik Yönetimi* (Birinci Baskı). (Çev. O Baykal ,N. Atalay ve E.Fidan). Türkiye: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 3.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2023). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2022*.
- Tezcan,N. (2010). Verimliliği etkileyen faktörlerin analizi: Türkiye'nin 500 büyük sanayi kuruluşu üzerinde bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*, (3), 7-19.
- Vural, A. (2019). OECD Ülkelerindeki Özel Sektörün Ar-Ge ve Yenilik Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz, İ. (2001). *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü*. Türkiye : Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 32-53.
- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü*. Türkiye: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 5-66.





EK-1. Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.1. 2019 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2019)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
İstanbul	5200922 0	329900	8 887 317 208	698 662	28	8789	3 433 896 003
Antalya	3567942 1	212518	4 372 397 714	61 283	16	2695	1 780 236 699
Ankara Esenboğa	1374059 5	99242	791 406 774	88 566	9	1925	489 633 067
İzmir Adnan Menderes	1236525 6	83585	959 567 064	87 550	11	1840	756 148 242
Adana	5057788	40658	131 841 779	6 375	12	392	100 005 788
Muğla Dalaman	4905019	42713	698 655 998	69 083	8	800	646 995 327
Muğla Milas- Bodrum	4337733	34984	590 052 120	46 239	9	609	561 151 663
Trabzon	3770878	25926	96 595 778	11 325	8	265	90 136 077
Gaziantep	2524376	19553	67 358 587	9 433	4	233	78 390 753
Kayseri	2325863	15060	55 914 746	6 250	5	150	50 906 361
Diyarbakır	1782236	11224	38 603 631	34 315	8	162	77 146 361
Samsun Çarşamba	1489333	15238	37 277 265	4 725	3	198	52 458 692
Van Ferit Melen	1413367	14962	26 270 506	5 250	6	176	50 235 858
Hatay	1213870	8761	35 639 665	10 710	6	131	56 358 270
Ordu-Giresun	1060265	7979	20 925 542	7 750	6	115	38 478 646
Konya	1008803	7426	25 827 530	12 669	4	180	50 708 525
Erzurum	990687	6950	22 310 070	5 750	6	225	60 640 195
Elazığ	902502	6118	18 010 396	4 955	4	103	41 427 679
Malatya	743170	5389	13 908 598	2 595	4	138	32 751 774
Şanlıurfa Gap	729947	5695	14 054 813	5 955	6	119	45 901 642
Denizli Çardak	649782	6012	19 649 134	9 260	6	158	39 901 112
Mardin Prof. Dr. Aziz Sançar	568244	3804	10 746 859	9 042	5	92	32 967 440
Kars Harakani	524656	3542	9 638 088	8 266	4	97	38 854 667
Batman	524010	3410	9 983 504	4 716	5	96	29 451 279

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.1. (devam) 2019 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2019)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Kapadokya	494085	11533	7 545 201	2 610	3	137	32 977 495
Sivas Nuri Demirağ	491308	4225	9 750 041	5 765	4	123	36 470 050
Erzincan Yıldırım Akbulut	418455	2988	8 839 518	7 575	4	42	39 574 549
Muş Sultan Alparslan	385586	2523	7 503 926	5 888	5	93	32 425 470
Şırnak Şerafettin Elçi	365865	2873	7 508 401	2 347	2	80	25 968 600
Balıkesir Koca Seyit	354381	22169	9 719 007	9 250	6	155	39 789 510
Ağrı Ahmed-i Hani	321758	2320	5 961 574	7 985	4	84	33 428 476
Bursa Yenişehir	268991	6299	6 089 901	5 600	5	181	45 327 388
Kahramanmaraş	266480	2238	6 033 126	2 270	3	129	35 860 910
Iğdır Şehit Bülent Aydın	261255	2063	4 800 781		4	77	20 713 023
Adıyaman	244576	1880	5 264 663	4 583	6	104	31 071 415
Bingöl	203313	1490	3 671 833	1 450	2	81	24 158 577
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	180506	1822	3 267 395	2 650	4	77	29 716 603
Amasya Merzifon	167758	1277	3 307 716	450	2	80	18 674 319
Isparta Süleyman Demirel	149637	23764	7 070 441	2 790	4	127	30 884 340
Sinop	137181	1735	3 404 841	4 147	5	63	24 602 725
Çanakkale	131240	5905	3 547 332	6 544	3	124	30 478 567
Tekirdağ Çorlu Atatürk	72953	29106	4 970 234	2 145	3	156	39 039 504
Kastamonu	63095	695	2 010 343	1 565	4	81	25 351 120
Kocaeli Cengiz Topel	57280	1352	1 293 447	1 065	2	85	16 463 601
Siirt	34178	424	294 430	576	2	82	23 527 987
Uşak	27983	6713	1 064 260	780	2	74	14 074 244
Tokat	0	400	405 644	417	2	66	15 047 654

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.2. 2020 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2020)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
İstanbul	23410380	18542 4	5 186 552 568	698 662	28	6388	2 889 321 937
Antalya	9711195	71180	2 430 384 010	61 283	16	4124	2 160 989 728
İzmir Adnan Menderes	5464858	46001	668 300 329	96 859	11	1738	956 425 989
Ankara Esenboğa	5162569	50394	399 305 169	88 566	9	1896	610 199 819
Adana	2507344	27539	72 931 611	6 375	12	399	116 427 337
Trabzon	1801600	14163	52 877 774	11 325	8	264	104 098 936
Muğla Dalaman	1587125	23900	453 916 410	69 083	8	772	872 886 697
Muğla Milas- Bodrum	1480339	18137	467 969 673	46 239	9	474	797 491 235
Gaziantep	1390784	14583	44 681 770	8 664	4	249	97 297 620
Kayseri	1161159	9301	39 755 821	6 250	5	163	55 291 182
Diyarbakır	1115642	7945	24 290 193	87 696	8	157	84 707 064
Van Ferit Melen	976311	13368	17 162 114	7 840	6	161	55 501 621
Samsun Çarşamba	868141	11914	23 710 005	4 725	3	199	56 690 042
Hatay	635458	6233	19 077 830	10 710	6	137	58 770 238
Erzurum	563048	4899	13 048 267	5 750	6	207	79 708 082
Ordu-Giresun	556432	5005	13 514 188	13 858	6	127	45 698 686
Elazığ	541827	6493	11 616 765	4 955	4	106	46 146 456
Konya	495861	4356	16 517 310	12 669	4	182	54 443 611
Malatya	478082	4181	8 447 718	2 595	4	137	35 992 524
Şanlıurfa Gap	407531	4389	9 361 451	10 960	6	115	49 054 243
Mardin Prof. Dr Aziz Sançar	397564	2936	6 021 485	9 042	5	93	35 637 091
Kars Harakani	381123	2858	6 718 501	16 740	4	89	41 072 940
Batman	371583	2705	5 644 976	4 716	5	99	30 642 933
Sivas Nuri Demirağ	300881	2905	6 049 513	5 765	4	118	41 065 244

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.2. (devam) 2020 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2020)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Muş Sultan Alparslan	277960	2176	4 792 843	3 595	5	96	37 206 675
Denizli Çardak	233197	5708	9 427 205	9 260	6	162	42 158 101
Şırnak Şerafettin Elçi	227286	3418	5 309 029	2 347	2	67	29 988 337
Erzincan Yıldırım Akbulut	223667	1918	6 278 132	6 495	4	38	43 119 639
Ağrı Ahmed-i Hani	208987	1727	4 462 251	7 985	4	72	35 549 229
Balıkesir Koca Seyit	159026	15505	5 738 789	9 250	6	159	46 331 322
Kahramanmaraş	141471	1877	4 374 987	4 140	3	135	40 936 494
İğdır Şehit Bülent Aydın	134472	1809	3 165 237	1 405	4	72	22 183 467
Kapadokya	134135	11084	5 343 812	2 610	3	143	36 494 484
Adıyaman	123800	1246	3 111 327	9 140	6	103	31 629 844
Bingöl	121382	1108	2 458 272	1 450	2	75	27 076 552
Çanakkale	96564	4682	2 059 014	6 544	3	133	34 083 159
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	96025	1242	2 764 524	2 650	4	67	32 492 429
Amasya Merzifon	90013	847	2 126 914	450	2	80	20 159 201
Sinop	78028	1193	2 048 513	4 147	5	62	26 111 225
Bursa Yenişehir	60571	11136	4 368 381	6 998	5	191	48 294 165
İsparta Süleyman Demirel	42247	23161	4 102 190	2 522	4	134	34 598 781
Siirt	33568	440	768 970	750	2	79	27 232 230
Kastamonu	25135	736	1 645 845	1 565	4	84	27 105 828
Tekirdağ Çorlu Atatürk	22781	20820	6 034 416	2 145	3	153	41 018 450
Kocaeli Cengiz Topel	11851	1503	755 814	1 065	2	89	18 587 175
Uşak	7500	6872	935 130	780	2	83	16 473 481
Tokat	0	655	285 247	417	2	69	39 417 951

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.3. 2021 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2021)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
İstanbul	37181907	279509	8 985 918 005	698 662	28	6630	4 768 944 632
Antalya	22013861	140576	4 935 925 073	59 655	16	2283	3 038 154 540
İzmir Adnan Menderes	7569054	58299	1 087 681 952	87 550	11	1711	1 306 035 075
Ankara Esenboğa	7029630	66913	749 608 100	88 566	9	1768	813 877 849
Adana	3399491	36961	129 980 472	6 515	12	387	128 801 113
Muğla Milas- Bod.	2909337	29755	709 864 481	46 239	9	609	1 403 741 892
Trabzon	2642327	20958	93 242 854	11 325	8	265	123 678 593
Muğla Dalaman	2323874	31722	591 989 379	53 242	8	815	1 351 157 875
Gaziantep	1859524	16469	65 634 184	21 270	4	271	135 310 957
Kayseri	1682209	13725	74 208 934	6 250	5	160	72 184 945
Diyarbakır	1349124	9073	36 800 120	34 315	8	162	101 908 815
Van Ferit Melen	1265467	15549	25 607 118	4 240	6	162	64 831 720
Samsun Çarşamba	1126078	13069	36 545 279	4 725	3	202	71 510 084
Hatay	898377	7650	26 413 261	10 710	6	139	65 635 345
Erzurum	780710	6600	18 773 655	5 750	6	211	82 478 837
Ordu-Giresun	740653	5810	18 734 634	7 750	6	134	60 639 649
Konya	662397	6424	25 924 433	8 665	4	181	67 626 421
Malatya	650743	5478	13 543 696	2 595	4	135	46 014 331
Mardin Aziz Sancar	580889	4101	9 772 862	9 042	5	102	48 523 416
Elazığ	559236	5661	17 186 327	4 955	4	111	57 049 688
Şanlıurfa Gap	555187	5416	13 387 619	4 620	6	122	64 862 279
Batman	526546	3655	8 892 895	4 716	5	99	40 458 052
Kars Harakani	453366	3365	9 326 301	8 296	4	99	50 372 175
Sivas Nuri Demirağ	410437	4118	8 980 165	5 865	4	134	50 654 104
Muş Sultan Alp.	367390	2701	7 108 469	4 230	5	96	47 054 524
Denizli Çardak	315714	4613	13 792 270	9 260	6	159	55 562 734

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.3. (devam) 2021 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2021)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Şırnak Şerafettin Elçi	312973	5048	7 137 823	1 575	2	75	40 899 072
Erzincan Yıldırım Akbulut	289755	2442	8 899 338	7 575	4	44	52 544 727
Balıkesir Koca Seyit	265555	20751	7 858 182	8 650	6	160	56 539 245
Kapadokya	262440	18021	9 171 822	2 015	3	157	47 976 505
Ağrı Ahmed-i Hani	250600	1895	5 992 235	7 985	4	81	43 470 621
İğdır Şehit Bülent Aydın	191870	1819	4 908 697	990	4	82	29 144 222
Kahramanmaraş	171785	2230	5 473 815	4 645	3	141	52 508 688
Bingöl	152967	1386	3 687 143	1 410	2	88	35 152 075
Adıyaman	132535	1341	4 225 296	10 120	6	107	51 942 516
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	127991	1488	4 284 496	2 650	4	73	42 197 899
Amasya Merzifon	111445	1038	3 395 214	680	2	89	28 558 224
Çanakkale	79145	5618	2 922 913	3 810	3	143	42 985 986
Bursa Yenişehir	77114	15522	5 657 006	5 600	5	192	61 142 432
Sinop	74463	2056	2 772 922	2 795	5	79	34 187 310
Isparta Süleyman Demirel	49068	27679	4 853 066	2 540	4	152	45 752 626
Siirt	45840	514	880 992	356	2	83	35 824 171
Kastamonu	30267	836	1 687 719	1 565	4	94	34 243 456
Kocaeli Cengiz Topel	9173	3105	1 003 075	1 135	2	92	25 672 796
Tekirdağ Çorlu Atatürk	7766	24783	5 071 717	2 145	3	159	51 604 647
Uşak	52	5411	1 224 166	780	2	93	23 847 474
Tokat	0	708	273 404	365	2	80	48 635 577

EK-1. (devam)Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.4. 2022 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2022)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Persone l sayısı	İşletme gideri
İstanbul	64518073	425852	25 723 952 578	698 662	28	7207	18 058 382 093
Antalya	31108181	198069	11 345 467 967	59 655	16	2701	11 108 031 858
İzmir Adnan Mend.	9834578	69463	2 458 900 965	87 550	11	1716	2 076 524 615
Ankara Esenboğa	8679594	71355	1 510 414 419	88 566	9	1739	1 619 942 207
Muğla Dalaman	4535600	43221	2 216 072 885	53 242	8	905	2 328 970 641
Muğla Milas- Bodrum	3898527	35622	1 558 907 181	46 239	9	637	1 686 496 999
Adana	3874593	44247	255 949 280	6 515	12	375	305 405 721
Trabzon	3185229	23495	225 423 520	11 325	8	256	231 535 135
Gaziantep	2325808	18769	143 255 175	21 270	4	280	255 664 091
Kayseri	2284604	16479	143 875 563	6 250	5	163	135 529 609
Diyarbakır	1672377	10699	69 852 334	34 315	8	172	208 891 682
Van Ferit Melen	1311014	15572	42 114 987	4 240	6	160	115 302 537
Samsun Çarşamba	1204370	14152	63 876 474	4 725	3	205	137 725 378
Hatay	1058214	8461	60 195 927	10 710	6	146	122 891 884
Erzurum	865215	6902	32 661 864	5 750	6	208	150 793 482
Ordu-Giresun	813370	6369	34 268 911	7 750	6	134	115 511 805
Konya	801033	7626	52 618 710	8 665	4	180	131 187 708
Elazığ	682024	6517	31 683 929	4 955	4	115	110 103 017
Malatya	665907	5225	22 752 619	2 595	4	134	82 320 205
Şanlıurfa Gap	641580	5850	23 794 853	4 620	6	130	123 205 485
Mardin Aziz Sancar	599722	3989	16 489 247	9 042	5	107	94 694 434
Rize-Artvin	526880	3760	14 205 911	10 278	2	84	53 952 349
Kars Harakani	465121	3156	15 655 987	8 296	4	94	91 323 964
Kapadokya	434154	15201	17 314 006	2 015	3	155	92 730 244
Batman	424697	2827	14 601 647	4 716	5	101	81 464 943
Denizli Çardak	391112	5328	25 464 972	9 260	6	160	108 580 941
Sivas Nuri Demirağ	367037	3079	15 384 194	5 865	4	141	102 306 104
Muş Sultan Alp.	347466	2423	11 610 143	4 230	5	92	83 239 676
Erzincan Yıldırım Akbulut	299058	2421	15 319 362	7 575	4	41	100 091 317

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.4. (devam) 2022 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2022)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyüklüğü	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Şırnak Şerafettin Elçi	282798	5487	12 499 716	1 575	2	82	72 177 234
Ağrı Ahmed-i Hani	222170	1561	10 689 159	7 985	4	80	80 532 083
Balıkesir Koca Seyit	221393	25501	14 972 499	8 650	6	162	107 094 665
Iğdır Şehit Bülent Aydın	213136	2320	9 398 026	990	4	91	61 517 893
Adıyaman	182423	1498	7 592 677	10 120	6	108	88 701 564
Kahramanmaraş	175794	2106	9 133 430	4 645	3	142	96 324 102
Çanakkale	152607	6329	5 397 083	3 810	3	147	80 210 736
Bingöl	133879	1065	6 455 424	1 410	2	84	67 423 591
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	115623	1969	7 409 612	2 650	4	72	75 370 706
Bursa Yenişehir	112464	18373	11 509 200	5 600	5	192	115 596 812
Amasya Merzifon	93233	958	5 351 712	840	2	93	53 138 810
Tokat	88445	1184	1 789 732	5 286	2	96	94 652 709
Isparta Süleyman Demirel	72410	32568	9 288 781	2 540	4	154	91 015 439
Sinop	70246	925	4 854 292	2 795	5	80	63 176 273
Siirt	50918	526	2 613 140	356	2	84	63 046 290
Kastamonu	44305	723	2 867 471	1 565	4	99	64 442 166
Tekirdağ Çorlu Atatürk	44205	24897	11 561 073	2 145	3	161	99 542 454
Kocaeli Cengiz Topel	1767	1734	1 942 071	1 135	2	92	50 067 709
Uşak	0	6036	1 925 597	780	2	97	46 903 711

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.5. 2023 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2023)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyükliği	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
İstanbul	76 236 980	506 055	77 756 348 108	698 662	28	7212	22 163 195 062
Ankara Esenboğa	11 914 082	93 048	3 304 516 731	88 566	9	1829	3 620 256 772
İzmir Adnan Menderes	10 691 522	72 880	4 507 675 892	87 550	11	1746	3 405 430 598
Antalya	35 538 387	225 534	21 502 437 346	59 655	16	2709	28 761 230 766
Muğla Dalaman	5 247 488	46 094	4 558 177 308	53 242	8	886	3 435 250 731
Muğla Milas- Bodrum	4 056 447	38 784	2 711 838 357	46 239	9	652	2 526 620 717
Adana	4 713 817	46 791	653 893 494	6 515	12	366	436 006 966
Trabzon	3 499 592	26 750	593 540 524	11 325	8	301	367 041 988
Erzurum	1 047 274	7 596	88 908 746	5 750	6	205	227 983 594
Gaziantep	2 620 399	22 865	370 108 872	21 270	4	282	413 583 094
Adıyaman	337 563	4 640	21 392 211	10 120	6	95	143 949 386
Ağrı Ahmed-i Hani	316 807	2 133	21 941 572	7 985	4	77	121 906 881
Amasya Merzifon	131 513	1 157	13 764 794	840	2	90	89 754 300
Balıkesir Koca Seyit	260 233	22 761	39 253 593	8 650	6	178	212 526 180
Batman	549 084	3 458	37 092 003	4 716	5	101	128 113 084
Bingöl	177 880	1 396	14 616 419	1 410	2	91	109 196 879
Bursa Yenişehir	195 415	16 995	20 110 025	5 600	5	204	192 245 798
Çanakkale	165 606	6 033	16 090 681	3 810	3	165	143 006 551
Denizli Çardak	441 360	5 203	54 050 365	9 260	6	166	178 913 782
Diyarbakır	2 047 834	13 117	184 760 108	34 315	8	172	312 342 310
Elazığ	786 391	7 815	74 620 311	4 955	4	127	196 478 845
Erzincan Yıldırım Akbulut	394 000	2 992	36 243 302	7 575	4	46	163 328 265

EK-1. (devam) Analizde kullanılan veriler

Çizelge 1.5. (devam) 2023 Yılı havalimanları verileri

Havalimanları (2023)	Yolcu trafiği	Uçak trafiği	İşletme gelirleri	Yolcu Terminal Alanı Büyükliği	Bagaj toplama kemer sayısı	Personel sayısı	İşletme gideri
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	160 389	1 833	16 353 048	2 650	4	75	128 739 072
Hatay	162 633	4 480	95 232 985	10 710	6	136	181 774 106
İğdır Şehit Bülent Aydın	354 746	3 165	22 720 083	990	4	83	92 438 588
Isparta Süleyman Demirel	82 692	25 241	22 714 421	2 540	4	164	153 670 165
Kahramanmaraş	248 452	4 096	21 388 686	4 645	3	142	156 812 019
Kapadokya	561 398	12 781	48 885 600	2 015	3	169	154 608 943
Kars Harakani	537 871	3 613	41 978 684	8 296	4	101	137 268 022
Kastamonu	60 672	899	8 550 511	1 565	4	107	107 215 051
Kayseri	2 353 629	16 483	352 087 027	6 250	5	178	266 887 423
Kocaeli Cengiz Topel	3 155	952	1 742 369	1 135	2	101	75 892 948
Konya	899 498	7 151	137 946 503	8 665	4	188	204 368 214
Malatya	731 553	6 009	59 236 384	2 595	4	124	140 856 859
Mardin Prof. Dr. Aziz Sancar	740 763	5 074	52 644 475	9 042	5	123	158 802 489
Muş Sultan Alparslan	483 188	3 232	31 532 192	4 230	5	97	138 165 501
Ordu-Giresun	995 170	7 306	89 274 691	7 750	6	140	188 184 098
Rize-Artvin	1 022 860	7 464	76 975 117	10 278	2	91	130 086 865
Samsun Çarşamba	1 416 172	14 722	184 987 506	4 725	3	211	225 923 331
Siirt	62 719	586	6 308 132	356	2	91	101 403 942
Sinop	94 966	1 092	9 395 043	2 795	5	87	106 804 329
Sivas Nuri Demirağ	437 488	3 393	38 646 684	5 865	4	139	171 999 062
Şanlıurfa Gap	882 987	8 256	63 247 656	4 620	6	136	211 215 186
Şırnak Şerafettin Elçi	409 462	6 478	29 892 291	1 575	2	81	121 276 711
Tekirdağ Çorlu Atatürk	32 377	27 619	36 310 712	2 145	3	159	156 955 393
Tokat	147 970	1 314	11 532 152	5 286	2	96	151 264 434
Uşak	56	5 771	3 407 848	780	2	103	75 887 601
Van Ferit Melen	1 548 327	17 668	116 886 729	4 240	6	161	197 304 377

EK-2. Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları

| Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = vza-ins.txt

Data file = vza-dta.txt

Input orientated Malmquist DEA

DISTANCES SUMMARY

year = 1

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.000	1.000	2.222	1.000
2	0.000	1.000	4.477	1.000
3	0.000	0.710	2.113	0.710
4	0.000	1.000	2.908	1.000
5	0.000	0.644	1.390	0.700
6	0.000	0.691	1.545	0.758
7	0.000	1.000	2.348	1.000
8	0.000	0.982	2.014	1.000
9	0.000	1.000	2.059	1.000
10	0.000	1.000	2.177	1.000
11	0.000	0.710	1.544	0.869
12	0.000	0.820	1.306	1.000
13	0.000	1.000	1.740	1.000
14	0.000	0.661	1.301	1.000
mean	0.000	0.873	2.082	0.931

year = 2

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.706	1.000	0.968	1.000
2	0.556	1.000	0.686	1.000
3	0.362	0.907	0.640	0.944
4	0.484	1.000	0.887	1.000
5	0.384	0.821	0.472	0.821
6	0.609	1.000	0.556	1.000
7	0.677	1.000	0.824	1.000
8	0.523	0.963	0.713	1.000
9	0.694	1.000	0.900	1.000
10	0.560	1.000	0.806	1.000
11	0.497	0.998	0.676	1.000
12	0.801	1.000	0.869	1.000
13	0.770	1.000	1.025	1.000
14	0.439	0.690	0.494	1.000
mean	0.576	0.956	0.751	0.983

Resim.2.1. Program görselleri

EK-2. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları

year = 3				
firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	1.733	1.000	1.514	1.000
2	3.527	1.000	1.598	1.000
3	1.288	0.716	0.904	0.716
4	1.378	1.000	1.298	1.000
5	1.119	0.594	0.587	0.619
6	1.428	0.693	0.578	0.719
7	1.485	1.000	2.013	1.000
8	1.411	0.963	1.339	1.000
9	1.278	1.000	1.077	1.000
10	1.578	1.000	1.485	1.000
11	1.169	0.792	0.785	0.933
12	1.308	1.000	1.655	1.000
13	1.251	1.000	1.261	1.000
14	0.921	0.631	0.895	1.000
mean	1.491	0.885	1.214	0.928
year = 4				
firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	2.863	1.000	1.010	1.000
2	2.299	1.000	1.596	1.000
3	0.720	0.941	0.981	0.991
4	0.876	1.000	1.118	1.000
5	1.133	0.777	0.671	0.797
6	1.132	0.759	0.615	0.804
7	1.318	1.000	1.350	1.000
8	1.199	0.910	1.272	1.000
9	0.953	1.000	1.148	1.000
10	1.346	1.000	1.559	1.000
11	0.925	0.694	0.753	0.898
12	1.017	0.932	1.258	1.000
13	1.017	1.000	1.134	1.000
14	0.694	0.551	0.796	1.000
mean	1.249	0.898	1.090	0.964

Resim.2.2. Program görselleri

EK-2. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları

year = 5

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	3.023	1.000	0.000	1.000
2	1.895	1.000	0.000	1.000
3	1.044	0.845	0.000	0.848
4	1.007	1.000	0.000	1.000
5	1.252	0.677	0.000	0.710
6	1.013	0.649	0.000	0.704
7	1.531	1.000	0.000	1.000
8	1.349	1.000	0.000	1.000
9	1.077	1.000	0.000	1.000
10	1.202	1.000	0.000	1.000
11	0.866	0.900	0.000	0.997
12	0.939	0.858	0.000	1.000
13	1.010	1.000	0.000	1.000
14	0.407	0.274	0.000	1.000
mean	1.258	0.872	0.000	0.947

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.564	1.000	1.000	0.564
2	1.000	0.352	1.000	1.000	0.352
3	1.278	0.366	1.330	0.961	0.468
4	1.000	0.408	1.000	1.000	0.408
5	1.275	0.466	1.173	1.087	0.594
6	1.447	0.522	1.319	1.097	0.755
7	1.000	0.537	1.000	1.000	0.537
8	0.981	0.514	1.000	0.981	0.505
9	1.000	0.580	1.000	1.000	0.580
10	1.000	0.507	1.000	1.000	0.507
11	1.406	0.478	1.151	1.221	0.672
12	1.220	0.709	1.000	1.220	0.865
13	1.000	0.665	1.000	1.000	0.665
14	1.043	0.568	1.000	1.043	0.593
mean	1.107	0.507	1.064	1.041	0.562

Resim.2.3. Program görselleri

EK-2. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.564	1.000	1.000	0.564
2	1.000	0.352	1.000	1.000	0.352
3	1.278	0.366	1.330	0.961	0.468
4	1.000	0.408	1.000	1.000	0.408
5	1.275	0.466	1.173	1.087	0.594
6	1.447	0.522	1.319	1.097	0.755
7	1.000	0.537	1.000	1.000	0.537
8	0.981	0.514	1.000	0.981	0.505
9	1.000	0.580	1.000	1.000	0.580
10	1.000	0.507	1.000	1.000	0.507
11	1.406	0.478	1.151	1.221	0.672
12	1.220	0.709	1.000	1.220	0.865
13	1.000	0.665	1.000	1.000	0.665
14	1.043	0.568	1.000	1.043	0.593
mean	1.107	0.507	1.064	1.041	0.562

year = 3

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.338	1.000	1.000	1.338
2	1.000	2.268	1.000	1.000	2.268
3	0.789	1.597	0.759	1.041	1.261
4	1.000	1.247	1.000	1.000	1.247
5	0.724	1.810	0.754	0.960	1.310
6	0.693	1.925	0.719	0.965	1.334
7	1.000	1.342	1.000	1.000	1.342
8	1.000	1.407	1.000	1.000	1.407
9	1.000	1.191	1.000	1.000	1.191
10	1.000	1.399	1.000	1.000	1.399
11	0.794	1.476	0.933	0.851	1.172
12	1.000	1.227	1.000	1.000	1.227
13	1.000	1.105	1.000	1.000	1.105
14	0.914	1.428	1.000	0.914	1.306
mean	0.915	1.454	0.934	0.980	1.330

Resim.2.4. Program görselleri

EK-2. (devam) Büyük ölçekli havalimanları için DEAP sonuçları

year = 4						
firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	
1	1.000	1.375	1.000	1.000	1.375	
2	1.000	1.199	1.000	1.000	1.199	
3	1.315	0.779	1.384	0.950	1.024	
4	1.000	0.821	1.000	1.000	0.821	
5	1.309	1.214	1.287	1.018	1.589	
6	1.095	1.337	1.120	0.978	1.465	
7	1.000	0.809	1.000	1.000	0.809	
8	0.945	0.974	1.000	0.945	0.920	
9	1.000	0.941	1.000	1.000	0.941	
10	1.000	0.952	1.000	1.000	0.952	
11	0.876	1.160	0.963	0.909	1.016	
12	0.932	0.812	1.000	0.932	0.757	
13	1.000	0.898	1.000	1.000	0.898	
14	0.874	0.942	1.000	0.874	0.824	
mean	1.017	0.997	1.048	0.971	1.014	
year = 5						
firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	
1	1.000	1.730	1.000	1.000	1.730	
2	1.000	1.090	1.000	1.000	1.090	
3	0.898	1.089	0.856	1.049	0.978	
4	1.000	0.949	1.000	1.000	0.949	
5	0.871	1.463	0.891	0.978	1.275	
6	0.855	1.388	0.875	0.978	1.186	
7	1.000	1.065	1.000	1.000	1.065	
8	1.099	0.982	1.000	1.099	1.079	
9	1.000	0.968	1.000	1.000	0.968	
10	1.000	0.878	1.000	1.000	0.878	
11	1.298	0.941	1.110	1.169	1.222	
12	0.921	0.900	1.000	0.921	0.829	
13	1.000	0.943	1.000	1.000	0.943	
14	0.497	1.014	1.000	0.497	0.504	
mean	0.942	1.078	0.979	0.963	1.016	
MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS						
year	effch	techch	pech	sech	tfpch	
2	1.107	0.507	1.064	1.041	0.562	
3	0.915	1.454	0.934	0.980	1.330	
4	1.017	0.997	1.048	0.971	1.014	
5	0.942	1.078	0.979	0.963	1.016	
mean	0.993	0.944	1.005	0.988	0.937	

Resim.2.5. Program görselleri



Gazili olmak ayrıcalıktır